

ABHANDLUNG

über die

K R I E G S - M I N E N .

II. T h e i l .

I. Abtheilung. Die Minenladungen, deren Anlage und ihre Wirkungen. Verschiedene Zündungsarten. Reinigung der mit schlechten Gasarten angefüllten Galerien, und Beleuchtung derselben.

II. Abtheilung. Demolirungsminen.

ALL THE

THE

THE

THE

THE

THE

Inhalt des II. Theiles.

I. Abtheilung.

	§.	Seite		§.	Seite
Bestandtheile des Pulvers	1	1	Gewöhnliche Flatterminen	141	69
Eigenschaften des Pulvers	4	2	Bomben-Flatterminen	145	70
Untersuchung der Pulverkräfte und deren Wirkungen bei den Minen	13	6	Steinfougassen (<i>Fougasses-pierriers</i>)	148	72
Von den Pulverkräften in Bezug der zu überwältigen- den Widerstandskräfte und Berechnung der Minen- ladungen	30	11	Galerie-Fougassen oder <i>Contre-puits</i>	165	79
Von den Probeminen	45	17	Flatterminen gegen Angriffsbrunnen	171	83
Gleichseitige Minen	55	21	<i>Camouflets Contre-puits</i>	172	84
Ungleichartiges Erdreich oder Mittel	78	32	Beimischungen zur Pulverladung	173	86
Stark geladene Minen	81	34	Von den verschiedenen Zündungsarten der Minen	180	91
Schwach geladene Minen	97	45	Zündung mittelst der Feuermäus (<i>Souris porte feu</i>)...	182	92
Dampfminen (<i>Camouflets</i>)	101	47	„ „ des Phosphors	183	93
Accolirte oder ineinander greifende Minen	108	51	„ „ des chemischen Apparates	184	93
Minen im hohlen Raume	111	53	„ „ des Percussionsschlosses	185	95
Minen mit verkürzter und hinweggelassener Verdäm- mung. (Unverdämmte Minen)	115	56	„ „ der Rakete	186	96
Länge der Verdämmungen	135	67	Reinigung der Galerien von dem Minendampfe	198	101
Flatterminen (<i>Fougasses</i>)	140	69	Der Rettungs-Apparat	208	107
			Sablaukow'scher Ventilations-Apparat	211	109
			Beleuchtung einer mit lebensgefährlicher Luft erfüllten Galerie	212	110

II. Abtheilung.

	§.	Seite		§.	Seite
Demolirungs- oder Schleifungsminen	215	115	Pulvermagazine	260	134
Erdwerke	216	115	Galerien	269	139
Freistehende Mauern und Thürme	219	116	Gebäude	275	141
Verkleidungsmauern mit voller Erdanschüttung rück- wärts	230	121	Brücken	276	141
Verkleidungsmauern mit rückwärtigen Galerien	242	126	Strassen	298	154
Demolirung der Verkleidungsmauern mit unverdämm- ten Zweigen	249	129	Wasserbrunnen	300	154
Festungswerke	258	134	Cisternen	301	155
Casematen	259	134	Palissaden	302	155
			Thore	303	155
			Stein- und Felsensprengung unter dem Wasser	304	155

Berichtigungen.

(Zum II. Theil.)

Seite	1	Spalte	1	Zeile	15	von oben	nach alle Wirkung ist einzuschalten: eben so die Mischung von Kohle und Schwefel
2	2	2	7	7	vorletzte Abtheilung, statt Salpeter, Kohle lies: Schwefel, Kohle		
3	1	4	von unten	statt schlagende	lies	schlagendes	
5	2	12	proportione	proportionirte			
20	2	6	Ringes	Kranzes			
21	1	15	von oben	dies	lies	dieses	
25	1	17	49	41			
28	1	4	100	10			
29	1	—	In der Ladungstabelle III unter Nr. 6 statt 0,141 lies 0,135				
31	1	17	von unten	1,0	lies	w	
32	1	2	von oben	w ²	lies	w ²	
36	1	2	Boutold	Boutauld			
43	2	10	von unten	welche	lies	welche von	
47	2	3		$\left(\frac{3n+4}{4}\right)$	lies	$\left(\frac{3n+4}{7}\right)$	
64	2	17	von oben	unverdünnt	lies	unverdämmt	
67	2	8		$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{g'}{g} w'^2}$	lies	$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{g'}{g} w'^3}$	
74	1	3	von unten	an	lies	zu	
75	1	11		werden	lies	werfen	
77	1	18		wiegen	lies	stiegen	
81	2	1	von oben	fernere Beschreibung	lies	Beschreibung	
82	2	2		Trichterwände	lies	Trichterdurchmesser	
85	2	12		der Fall ist	lies	statt findet	
101	1	12	von unten	von	lies	vor	
107	1	8		Raum c	lies	Raum	
110	2	6	von oben	f'	lies	h	
110	2	22		f und die Oeffnungen g	lies	h eingesaugte	
110	2	23		h	lies	f'	
116	1	16	von unten	Alte	lies	Alle	
117	2	3		$\frac{3}{4}$	lies	$\frac{2}{3}$	
117	2	2		96,2 Pfd. franz. oder 80,7 Pfd. Wr. Gew.	lies	91,6 Pfd. franz. oder 80 Pfd. Wr. Gew.	
118	1	11	von oben	725 = W	lies	7,25 = W	
118	1	16	von unten	66'	lies	b b'	
122	1	16	von oben	hdaacg u. s. f.	lies	hda, acg u. s. f.	
128	2	16	von unten	vielmehr	lies	viel mehr	
128	2	9		im §. 331 angeführte Regel	lies	in §§. 244 und 245 angeführten Regeln	
131	2	25	von oben	Pulverdämpfe	lies	Pulverladungen	
142	1	6	von unten	Verrichtung	lies	Vorrichtung	
145	2	18		1 1/4 Tag	lies	1 Tag 10 Stunden	
148	1	22	von oben	Fig. 145	lies	Fig. 145, 146	
158	2	12	von unten	welcher	lies	welchen	
158	2	11		sollte	lies	sollten	

I. A b t h e i l u n g.

Die Minenladungen; deren Anlage und ihre Wirkungen. Verschiedene Zündungsarten. Reinigung der mit schlechten Gasarten angefüllten Galerien und Beleuchtung derselben.

Bestandtheile des Pulvers.

§. 1.

Die Bestandtheile des Pulvers sind Salpeter, Schwefel und Kohle, die auf mechanischem Wege auf das feinste zermalmmt, innigst gemischt, in Körnerform gebracht und getrocknet, das zum Gebrauche anwendbare Pulver geben.

Nur durch die Verbindung aller dieser drei Bestandtheile wird die Wirksamkeit des entzündeten Pulvers hervorgebracht. Die Mischung von Salpeter und Kohle entzündet sich langsam, ist leicht zerreiblich und bleibt hinsichtlich seiner Wirkung weit hinter dem gewöhnlichen Pulver zurück. Eine Mischung von Salpeter und Schwefel ist ohne alle Wirkung, da der Hauptbestandtheil des Pulvers, nämlich der Salpeter, mangelt.

Entzündet man diese drei innig gemengten Bestandtheile oder das Pulver, so verpuffen sie und es entbinden sich bei der Verbrennung desselben eine grosse Menge Gase, welche, verbunden mit der hervorgebrachten grossen Hitze eine ausserordentliche Ausdehnungskraft erhalten und die bekannten grossen Wirkungen hervorbringen.

§. 2.

Die Wirksamkeit des Pulvers hängt ab:

1. Von der Reinheit des Salpeters, des Schwefels und der Tauglichkeit der Kohle.

Salpeter und Schwefel müssen, wenn sie ein gutes Pulver geben sollen, von allen fremdartigen Bestandtheilen gereinigt sein; nicht nur stören diese das quantitative Mischungs-Verhältniss, sondern sie vermindern auch die Berührungspunkte, verzögern die Entzündung, absorbiren einen Theil des aus dem Pulver entbundenen Wärmestoffes, und liegen unthätig in dem Pulver.

Die tauglichste Kohle zur Pulvererzeugung ist jene, welche am leichtesten sich entzündet, am

raschesten verbrennt und die wenigste Asche gibt; daher die Kohle aus leichten nicht harzigen Holzgattungen die beste, die Kohle aus harten Holzgattungen aber, so wie die thierische Kohle nicht brauchbar ist.

Brauchbare Kohlen zur Pulvererzeugung geben: die Birke, die Pappel, die Linde, die Ross- und süsse Kastanie, der Hasel- und der Hundsbeerstrauch, die weisse Erle u. s. w.

In Oesterreich wird das Pulver aus dem Hundsbeer-, dem Haselstrauch und der weissen Erle erzeugt. In Italien wird ausschliesslich die Kohle aus Hanfstengeln verwendet, welche zwar benannte Eigenschaften im hohen Grade besitzt, dabei aber, besonders bei längern Transporten, oft gefährlichen Pulverstaub erzeugt.

2. Von dem quantitativen Mischungsverhältniss der Bestandtheile des Pulvers oder der Dosirung.

Jenes Mischungsverhältniss ist das vortheilhafteste, welches in kürzester Zeit die Entwicklung der grössten Menge Gase von höchst zu erzielender Temperatur bewirkt.

Herr Benjamin Scholz, Professor der Chemie im k. k. polytechnischen Institut, gibt als das vortheilhafteste Mischungs-Verhältniss der drei Bestandtheile zu 100 Theilen Pulver mit 76 Theilen Salpeter, 9 Thl. Schwefel und 15 Thl. Kohle an. Andere Versuche weichen von diesem Verhältniss ab.

3. Von der genauen Vermengung der Bestandtheile und der Art ihrer Zusammenfügung, oder von der Pulverfabrikation.

Die Pulverfabrikation besteht aus der Verkleinerung der Bestandtheile, deren Mengung und Verdichtung, in Erzeugung der Körner, dem Poliren und Trocknen des Pulvers.

Je feiner die Bestandtheile zermalmmt, je inniger ihre Mischung geschieht, je gleichartiger die Pulverkörner erzeugt werden, um so vollkommener ist das Pulver.

Nach Benjamin Scholz sollen die Körner nicht zu hart, nicht regelmässig sphärisch glatt, sondern der schnelleren Entzündung wegen etwas rauh und eckig und nicht vollkommen glänzend polirt sein. Die Grösse der einzelnen Körner muss mit der Quantität des Pulvers, die auf einmal verbrennen soll, in einem solchen Verhältniss stehen, dass das einzelne Korn zur vollständigen Verbrennung dieselbe Zeit zur gänzlichen Entzündung nothwendig hat, als die ganze Pulvermasse. Daher soll das Minenpulver die grössten, das Kanonenpulver minder grosse, das Musketen- und Scheibenpulver die kleinsten Körner erhalten. —

Das Pulver wird in den österreichischen Staaten auf Pulverwerken erzeugt, deren Produkte der Verwaltung der Artillerie zugewiesen sind. Der Mineur hat keinen Einfluss darauf, indem er es in schon fertigem Zustande von der Artillerie übernimmt. Man verweist daher Jene, die sich eine nähere Kenntniss von der Pulvererzeugung eigen machen wollen, auf die „Handbücher für die k. k. Artillerie, von den Brüdern Smola, 1. und 2. Auflage 1831 und 1839,“ so wie auf das „Lehrbuch der Militair-Chemie, von Joseph Scherzer, Oberlieutenant im k. k. Bombardier-Corps. Wien 1845.“

§. 3.

Es handelt sich nicht immer darum, das stärkste, sondern das seinem Zweck entsprechendste Pulver zu erzeugen. Diesem zu Folge wurden auch verschiedene Mischungsverhältnisse der genannten drei Bestandtheile, oder die Pulversätze, durch die Erfahrung bestimmt, eingeführt. Die Mischungs- oder Dosirungsverhältnisse von Salpeter

zum Schwefel und zur Kohle sind für die österreichischen Staaten aus folgender Tafel ersichtlich:

Das Dosirungs-Verhältniss für nachstehende Pulvergattungen ist für Salpeter zum Schwefel, zur Kohle	Für 100 Theile des Pulvers			Auf 100 Theile Salpeter kommen	
	Salpeter	Schwefel	Kohle	Salpeter	Kohle
Oester. Scheibenpulv. 80:12:14	75,47	11,32	13,21	15	17,5
„ Musketen- und Stuckpulver 75:12:13	75	12	13	16	17,33
„ Sprengpulver 62:19:22	60,19	18,45	21,36	30,65	35,48
„ detto bei einfach geläutertem Salpet. 64:19:20	62,13	18,45	19,42	29,68	31,25
Italienisches Kriegspulver . .	76	12	12	15,79	15,79
„ Jagdpulver . .	73,33	8,57	18,20	11,67	24,82
„ Sprengpulver . .	70	18	12	25,71	17,14

Nach Smola's Handbuch für die k. k. Artillerie beträgt das specifische Gewicht:

- des Scheibenpulvers 0,925
- Musketenpulvers 0,8913
- Stuck- oder Kanonenpulvers . . 0,878.

Das eigenthümliche Gewicht für den Wiener Kubikfuss in Wiener Pfunden beträgt:

- bei dem Scheibenpulver . . . 50 Pfd. Wien. Gew.
- - Musketenpulver . . 51 bis 53 Pfd. do.
- - Kanonenpulver . . . 54 Pfd. do.

- Auf den Fortifikationsfuss reducirt wiegen:
- das Scheibenpulver . . . 54 $\frac{1}{6}$ Pfd. Wiener Gewicht,
 - Musketenpulver . . . 55 $\frac{1}{4}$ bis 57 $\frac{5}{12}$ Pfd. do.
 - Kanonenpulver . . . 56 $\frac{1}{3}$ bis 58 $\frac{1}{2}$ Pfd. do.

Das Minenpulver muss vor dem Gebrauche erst untersucht werden, was um so nothwendiger ist, da die Minenladungen gewöhnlich durch das Mass gegeben werden. Im Durchschnitt wiegt der Fortifikations-Kubikfuss 57 bis 57 $\frac{1}{2}$ Pfd., eingerüttelt bis 60 Pfd. Wiener Gewicht.

Eigenschaften des Pulvers.

§. 4.

Gutes Pulver hat folgende Kennzeichen:

1. Eine vollkommen gleiche Schieferfarbe (blau - grau - schwarz). Ist die Farbe dunkler und blauschwarz, so enthält es entweder zu viel Kohle oder ist feucht. Ist die Farbe selbst am zermalnten Pulver verschieden, so ist die Mischung mangelhaft; zeigen sich einzelne schimmernde Punkte, so ist das

Pulver feucht gewesen und der Salpeter hat sich ausgeschieden.

2. Das Pulver muss die gehörige Politur haben. Ist es zu glänzend, so hält man es für die schnellste Entzündung nachtheilig; ist es zu wenig polirt, so erzeugt sich leicht unwirksamer Pulverstaub, daher für den Kriegsgebrauch ein mehr polirtes Pulver einem minder polirten vorzuziehen ist.
3. Die Körner müssen die gehörige

Grösse haben und dürfen nicht um die Hälfte von einander abweichen.

4. Die Körner müssen eine solche Dichte und Festigkeit haben, dass sie sich nicht leicht mit der Hand zerdrücken lassen. Beim Zerdrücken müssen sie einen feinen unfehlbaren Staub geben.
5. Das Pulver darf nicht abfärben, wenn man es über einen Bogen Papier, über ein gehobeltes Bret oder über den Rücken der Hand laufen lässt. Färbt es ab, so enthält es Mehlpulver oder Feuchtigkeit.
6. Auf weissem Papier entzündet, muss es schnell und ohne Rückstand verbrennen.

Bleiben schwarze Flecke zurück, so ist die Kohle schlecht gebrannt; gelbe Streifen deuten auf schlechten Schwefel. Bleiben kleine Körner zurück, so sind die Bestandtheile nicht gehörig gemengt; lassen sich diese Körner nicht weiter entzünden, so enthält es unreinen Salpeter. Brennt das Pulver Löcher in das Papier, so ist es sehr schlecht. In der hohlen Hand eine kleine Menge entzündet, muss es ohne besondern Schmerz oder auffallende Schwärzung verpuffen.

7. Es darf nicht mehr wie 2 Procent (0,02) Feuchtigkeit haben.
8. Und endlich muss es auf der Pulverprobe die gehörigen Grade schlagen.

§. 5.

Auf der Stangenprobe schlägt:

das Scheibenpulver	120 bis 150	Grade
das Musketenpulver	70 - 90	-
das Stuckpulver	60 - 65	-
das Sprengpulver	25 - 30	-
das italienische Kriegspulver	90 - —	-

Das Minenpulver, nicht zu verwechseln mit dem Sprengpulver, wurde früher auf 35 bis 40 Grad angenommen. Nach neueren Anordnungen soll es 42, höchstens 48 Grad schlagen, und nicht mehr die gehörigen Grade schlagende Kanonenpulver hierzu verwendet werden. —

Die Ladung des kleinen Pöllers ist $\frac{3}{8}$ Quentchen = 22,5 Gran, das zu hebende Gewicht = 5 Pfd.

Auf der Wagnerschen Hebelprobe, wo die Gradhaltigkeit des Pulvers durch den Rückstoss, welcher bei der Entzündung stattfindet, ausgedrückt wird, schlägt:

das Scheibenpulver	130	Grade,
das Musketenpulver	80	-
das Stuckpulver	60	-
das Sprengpulver	22	-

Die Ladung des Pöllers ist 30 Gran.

Die Stärke des Pulvers wird von der Artillerie auch mit dem französischen Probirmörser, der Eprouvette, nach den Wurfweiten untersucht. Nach diesem wird eine unter 45 Grad mit einer Ladung von 5 Loth 62 Gran abgeschossene Kugel von 82,45 Pfd. Schwere zur Wurfweite haben müssen:

für Musketenpulver	115 bis 130	Klafter
für Kanonenpulver	112 - 125	-

§. 6.

Erhitzt man das Pulver nur allmählig, so kann die Hitze bis 250 Grad steigen, ohne dass die Verpuffung erfolgt, indem der Schwefel schon bei 80 Grad schmilzt und bis 120 Grad in diesem Zustande sich erhält. Wird er in dieser Temperatur längere Zeit erhalten, so verdampft er und mithin kann keine Verpuffung mehr stattfinden, da diese nur im Vereine aller drei Bestandtheile vor sich geht. Wird aber die Hitze augenblicklich auf 240 Grade gebracht, so folgt auch augenblicklich danach die Verpuffung.

Das Pulver wird entzündet: durch glühende Kohle und Eisen, angebrannte Luntten, durch chemische Einwirkungen, als Knallquecksilber u. s. w.; durch elektrische Funken, durch die Funken des Feuerschlusses u. s. w. Durch einen starken Schlag oder Stoss, durch die Reibung harter Körper und selbst durch schnell zusammengepresste Luft wird das Pulver ebenfalls entzündet.

Die Entzündung des Pulvers geschieht zuerst durch den Schwefel und die Kohle. Damit der Schwefel brennt, bedarf er des Sauerstoffes oder der atmosphärischen Luft, worin derselbe enthalten ist. Wird ihm die letztere bis auf den fünfzehnten Theil entzogen, so brennt er nicht mehr. Daher entzündet sich das Pulver auch nicht in einem sehr verdünnten oder in einem vollkommen luftleeren Raum; und umgekehrt, je mehr Sauerstoff oder atmosphärische Luft dem Pulver zugewendet werden kann, um so schneller entzündet es sich.

Die Entzündung des Pulvers geht zwar sehr schnell, aber nicht immer augenblicklich vor sich. Die zuerst entzündeten Pulverkörner theilen ihr Feuer rasch den nächst rund um sie lagern- den und diese wieder den nächstfolgenden in einer sehr schnell steigenden Progression mit, wenn das Pulver eine der Kugel, dem gleichseitigen Cy- linder oder dem Würfel nahe kommende Figur er- hält; weicht aber das zu entzündende Pulver be- trächtlich von dieser Form ab, so erfolgt die gänz- liche Entzündung bei grösserer Menge nicht so rasch, wie es bei der Zündwurst, oder an dem in einer Rinne eingestreuten Lauffeuer beobachtet wer- den kann.

Die Verbrennung des Pulvers geht zwar sehr rasch, doch ebenfalls nicht augenblicklich vor sich, wie schon Rumfort, Piobert und Andere beobachteten. Das Pulver verbrennt von der Ober- fläche der Körner nach innen in gleichförmiger Ge- schwindigkeit und hängt ab: von der Bearbeitung, der Grösse und Dichte der Körner, der Qualität der Bestandtheile, der Abstammung der Kohle und der mehr oder mindern Trockenheit.

Grössere oder festere Körner, oder fest ge- schlagene Pulversätze, wie z. B. bei den Raketen, den Brandröhren u. s. f. bedürfen längere Zeit zur gänzlichen Verbrennung, welche Zeit sich beobach- ten lässt.

§. 7.

Nach §. 4 soll ein gutes Pulver nicht mehr wie 2 Procent Feuchtigkeit enthalten. Zieht es aus der Luft bis 5 Procent an, so kann es durch Trocknen seine Wirksamkeit wieder erhalten; wird die Feuchtigkeit aber grösser, so verliert es die Eigenschaft, rasch zu verbrennen; beim Trocknen überziehen sich die Körner mit einer Salpeter- kruste, wodurch die gleichartige Mischung gestört und die Wirkung vermindert wird.

§. 8.

Die Produkte, welche sich aus der Verbren- nung des Pulvers entwickeln, sind theils elastisch- flüssig, theils starr. Je nach der Mischung der Bestandtheile, nach dem mehr oder minder langsa- men oder raschen Verbrennen des Pulvers u. s. f. sind diese Produkte auch verschieden.

Benjamin Scholz gibt die elastisch- flüssigen Produkte oder das Gasgemenge

von kleinen Quantitäten langsam verbrennenden Pul- vers für einen Theil folgendermassen:

Schweflichte Säure	0,08
Salpeter-Gas	0,08
Kohlensäure	0,44
Stickgas	0,40.

In den aus grössern Quantitäten rasch ver- puffenden Pulvers entwickelten Gasarten fehlt das Salpetergas. Dieses Gasgemenge besteht aus:

Schwefligsaurem Gas . .	0,09
Kohlensäure	0,25
Kohlenoxyd	0,25
Stickgas	0,41

Die starren Produkte bilden den Pulver- schleim, der, wenn das Pulver in ganz geschlosse- nen Gefässen verbrannt wird, 0,50 von dem Ge- wichte des verbrannten Pulvers und $\frac{2}{3}$ oder 0,40 von dem Raume, den das Pulver einnimmt, beträgt. In Feurgewehren wird der grösste Theil der star- ren Produkte als Rauch hinausgetrieben; der Rück- stand ist um so geringer, je schneller das Pulver verbrennt, und ist durchschnittlich auf 0,10 vom Ge- wichte des Pulvers gesetzt.

§. 9.

Professor Meinecke erklärt die Erschei- nungen, welche sich bei der Verpuffung des Pul- vers darstellen, und in welcher Beziehung jeder der Bestandtheile zu dem andern steht, folgendermassen: „Kohle und Schwefel werden durch die Vermen- gung wechselweise entzündlicher. Jedes Stäubchen Kohle und Schwefel ist von mehreren Salpeter- stäubchen umhüllt; der Salpeter wird durch die Hitze der entzündeten Kohlen- und Schwefeltheil- chen zersetzt und liefert Sauerstoffgas, in welchem nun andere Kohlen- theile verbrennen, wodurch die Entzündung mit einer ausserordentlich rasch steigen- den Progression sich weiter verbreitet. Der Schwefel verbrennt nicht ganz, sondern verbindet sich mit dem Kalium des Salpeters und bildet damit das Kaliumsulphurid, den Hauptbestandtheil des Pulverschleimes. Durch die Verbindung des Sauer- stoffes der Salpetersäure mit dem Schwefel und der Kohle zu den vorgenannten Gasarten wird das Stickgas frei; diese drei Gattungen haben bei der hohen Temperatur, unter der sie oft stehen, eine so ungeheuere Elasticität, dass derselben die ange- staunten Wirkungen ohne Anstand zugeschrieben werden können“.

§. 10.

Um die Grösse der Pulverkräfte auszumitteln, sind die Räume zu kennen, die das Pulver vor, und die entbundenen Gase nach der Entzündung einnehmen, und eben so die Ausdehnung dieser Gase durch die bei dem Verbrennen des Pulvers erzeugte Hitze.

Bei ein und der andern dieser Bestimmungen trifft man aber viele kaum zu beseitigende Schwierigkeiten; dahin gehören besonders: die verschiedenen Pulversätze, selbst die bei ein und demselben Pulversatz mehr oder mindere Güte der Bestandtheile, die Bearbeitung, ob sie mehr oder minder fest oder locker sind, ob grössere oder kleinere Porzionen genommen werden, ob das Pulver locker in Körnern, rund, polirt oder rauh, oder ob sie grösser oder kleiner sind, die mehr oder mindere Schnelligkeit der Entzündung, die schwankende Abschätzung der erzeugten Hitze u. dgl. mehr.

Da es nun nicht möglich ist, allen diesen Schwierigkeiten zu begegnen, so wird man das Nothwendigste, was zur Bestimmung der Pulverkräfte erforderlich ist, nach bereits erhobenen Resultaten und darauf gebauten Berechnungen hier anführen.

Scherzer in seiner Militair-Chemie gibt für die aus 100 Theilen Pulver von vier verschiedenen Pulversätzen nach der Verbrennung erhaltenen Gasmenge für den Nullpunkt in der folgenden Tafel:

Pulver	Zusammensetzung.			Erzeugtes Gas in Kubikzollen
	Salpeter	Schwefel	Kohle	
100	70	12	18	107
	73,2	12,2	14,6	100
	75	12,5	12,5	113
	76,2	12,8	11	112

Aus dieser Tafel wird ersichtlich, dass der Pulversatz von 75 Theilen Salpeter, $12\frac{1}{2}$ Theil Schwefel und $12\frac{1}{2}$ Theil Kohle, oder nach dem Mischungsverhältniss von 6:1:1, das günstigste ist.

Professor Meinecke erhielt aus 1000 Gran Pulver 876,36 Kubikzoll Gasarten und Wasserdämpfe, was für 100 Gran nur 87,63 Kubikzoll für den Nullpunkt gibt.

Benjamin Scholz gibt für den Nullpunkt von 1000 Gran Pulver 1386,76 Kubikzoll Gase und Wasserdämpfe, daher für 100 Gran 138,676 Kubikzoll.

Es ist nun auch die bei dem Verbrennen des Pulvers erzeugte Hitze und ihr Einfluss hinsichtlich der Ausdehnung der entbundenen Gase, von dem Nullpunkte an, anzugeben.

Benjamin Scholz setzt diese Hitze auf + 1500 bis + 1600, mithin im Mittel zu + 1550 Grad R. und zwar aus der Ursache, weil kleine im Pulver liegende Stückchen Kupfer und Silber geschmolzen werden, und das Kupfer eine Weissglüh- hitze von + 2030 Grad R. bedarf, jedoch, da die Verbindung mit Schwefel das Schmelzen des Kupfers befördert, auf obige 1550 Grad R. reducirt wird. Nimmt man aber, wie Scherzer es angibt, die Schmelzhitze des Kupfers nach Danieli zu + 1200 bis + 1300 Grad R. an, so dürfte diese Hitze nach Abschlag der Einwirkung des Schwefels kaum mit + 1200 Grad R. angenommen werden.

Prechtl, Director des k. k. polytechnischen Institutes, hat nach seinen Versuchen die Hitze wenigstens zu + 2284, und nach seiner Berechnung sogar zu + 7187 Grad R. gefunden.

Diese so grossen Abweichungen der angegebenen Hitzegrade, welche das entzündete Pulver während der Verbrennung erzeugt, stehen daher noch mehr wie die genaue Ausmittlung der Gase beim Nullpunkt einer genaueren Berechnung der Pulverkräfte entgegen, und man wird sich daher mit einer nach den angegebenen Daten annähernden Berechnung behelfen müssen.

§. 11.

Nimmt man für die bei der Verbrennung des Pulvers erzeugten Gase von 100 Gewichtstheilen Pulver zwischen der grössten Menge nach §. 10 113 und für die geringste nach Meinecke 87,63 Kubikzoll, die mittlere arithmetisch proportionale Menge = $\frac{113 + 87,63}{2} = 100,31$ und vernachlässiget $\frac{31}{100}$, so erzeugen 100 Gran Pulver 100 Kubikzoll, oder auch 1 Gran Pulver 1 Kubikzoll Gase. Nimmt man ferner zwischen der grössten und kleinsten Temperatur die mittlere nach Benj. Scholz mit 1550 Grad R. an, so erhält man nach diesen Daten folgende Berechnung für die Pulverkraft:

100 Gran Pulver nehmen einen Raum von 0,40 Kubikzoll ein; nachdem aber der Rückstand $\frac{2}{5} = 0,16$ von diesem Raume abgeschlagen wer-

den muss, so verbleiben nur 0.24 Kubikzoll, welcher Raum sich nach der Entzündung ohne alle Erwärmung auf $\frac{100}{0,24} = 416,66$ Kubikzoll ausdehnt.

Die elastisch - flüssigen Gase dehnen sich bei jedem Grad R. um 0,0047, daher bei der angenommenen Hitze von 1550 Grad um das 7,285fache aus, mithin wird der Raum, den die entbundenen Gase in Verbindung der Hitze einzunehmen streben $= 100 \times 7,285 = 728,50$ und mit Hinzufügung des Raumes für den Nullpunkt $= 728,50 + 100 = 828,50$ Kubikzoll sein.

Da nun diese 828,50 Kubikzoll vor der Entzündung in einen Raum von 0,24 Kubikzoll zusammengedrückt sind, so werden sie $\frac{828,5}{0,24} = 3452$ Atmosphären verdrängen, oder, was dasselbe ist, einen 3452fachen Atmosphärendruck ausüben.

Dieser Atmosphärendruck muss aber für die Anwendung noch modificirt werden, indem das Pulver nicht immer von der angenommenen Güte ist, die Entzündung des Pulvers wohl sehr rasch und schnell, doch nicht augenblicklich erfolgt, daher auch bei den Minen das auszuwerfende Mittel (Medium), worin das Pulver eingeschlossen ist, schon in Bewegung gesetzt und der Raum für die Gasarten schon erweitert oder das Medium schon ausgeworfen ist, bevor die letzte Porzion Pulver erst verbrennt, oder auch ungezündet ausgeworfen wird, mithin zur grössern oder ganzen Kraftentwicklung nichts mehr beiträgt.

Dasselbe ist bei den Feuerwaffen der Fall, indem die Kugel bereits durch das zuerst entzündete Pulver der Mündung zueilt, somit der Raum im Rohr vergrössert nicht mehr die volle Wirkung auf die Kugel ausübt; bei zu starker Ladung die Kugel den Lauf schon verlassen hat, bevor die gänzliche Entzündung des Pulvers statt

findet, wobei noch oft ein Theil desselben ungezündet ausgeworfen wird und ein anderer Theil durch das Zündloch verloren geht.

Daher ist, um die grösste Wirksamkeit des Pulvers zu erreichen, nebst den andern angegebenen Bedingungen es nothwendig: dem Pulver einen verhältnissmässigen ersten Widerstand entgegen zu setzen, damit es die gehörige Zeit gewinne, sich vollkommen entzünden zu können.

Aus diesem erklärt sich, warum eine fest in das Rohr gepflasterte Kugel hinsichtlich der grösseren Reibung an den Wänden, also grösseren ersten Widerstand, weiter getragen wird, wie eine ungepflasterte, und warum schlechteres Pulver, wenn es durch den ersten Widerstand der Medien hinlänglich Zeit erhält, sich vollkommen zu entzünden, dennoch eine gute Wirkung hervorbringen kann. Das langsam verbrennende Pulver kann bei grossen Ladungen sogar über das rasch verbrennende oft noch einen Vortheil erlangen, wenn der erste Widerstand beträchtlich ist und mit der Verbrennungszeit des Pulvers im gehörigen Verhältniss steht.

§. 12.

Wenn es schon misslich ist, die Pulverkraft bei der immer gleichen Schwere und des Widerstandes der atmosphärischen Luft mit voller Sicherheit zu bestimmen, um wie schwerer muss es sein, die Pulverkraft in Bezug der so vielfach verschiedenen Medien, in welche das Pulver eingeschlossen ist und sie zu überwinden hat, auszumitteln. Nur allein von den aus der Erfahrung erhaltenen Resultaten im Vereine mit den Regeln der Physik können für die Ausübung haltbare und richtige Regeln für die ausübenden Pulverkräfte und ihre Wirkungen bei den Minen aufgestellt werden.

Untersuchung der Pulverkräfte und deren Wirkungen bei den Minen.

§. 13. (Fig. 1. Taf. I.)

Wird Fig. 1 bei einem gleichartigen Erdreich eine hinlänglich stark geladene und gehörig verdampte Mine 0 gezündet, so bewirkt sie einen Erdauswurf 1, 4, 2, welcher zum Theil wieder zurückfällt und die Vertiefung 10, 5, 11 zurücklässt, ein anderer Theil hingegen einen Kranz oder Rand 8, 6, 10, 11, 7, 9 um diese Vertiefung herum bil-

det. Hebt man die ausgeworfene und wieder zurückgefallene Erde möglichst genau aus, so zeigt sich eine der Paraboloiden nahe kommende Figur 1, 2, 4, deren Achse mit der Widerstandslinie 0, 3 zusammenfällt, deren Brennpunkt im Mittelpunkt des Ofens 0 und der Ursprung derselben in der verlängerten Widerstandslinie 0, 3 unter dem Ofen in einem Punkte 4 liegt.

Der ausgeworfene oder der auszuwerfende Körper 1, 2, 4, heisst der Explosionskörper; der demselben vollkommen gleichkommende hohle Raum 1, 4, 2, der Explosionstrichter, auch nur der Trichter; die nach dem Rückfall der Erde verbliebene Vertiefung hiess General Schröder die Trichterhöhle, wird aber gegenwärtig rückgelassener oder erzeugter Trichter benannt, um ihn von dem vorigen zu unterscheiden.

Der ringförmige Körper 8, 6, 10, 11, 7, 9, heisst der Trichterkrantz; der ausgeworfenen Erde, welche während des Steigens die Gestalt einer Garbe annimmt, wird dieser Name belassen oder auch durch Erdgarbe oder Minengarbe bezeichnet.

§. 14. (Fig. 2. Taf. I.)

Es ist nun zu untersuchen, wie Trichtern entstehen, und nach welchen Gesetzen und Bedingungen sie zu laden sind, um die beabsichtigten Wirkungen zu erhalten.

Nach den Gesetzen der elastischen Flüssigkeiten wird das entzündete Pulver der Mine A Fig. 2 zuerst sich nach allen Seiten gleich ausdehnen und bei einem pressbaren Erdreich einen hohlen kugelförmigen Raum um die Kammer A erzeugen. Ist nun die Pulverladung zu schwach, um die Erde nach der Seite des schwächsten Widerstandes zu durchbrechen, so wird auch kein Auswurf stattfinden; die Pulverkraft bleibt daher im Innern des Erdreichs verschlossen und bildet eine durch das Zusammenpressen des Erdreichs erzeugte feste Rinde um diesen hohlen Raum, welcher hinsichtlich seiner Ausdehnung sowohl der mehr oder mindern Nachgiebigkeit des Erdreichs, so wie der mehr oder mindern starken Pulverladung entspricht.

§. 15. (Fig. 2. Taf. I.)

Verstärkt man die Pulverladung um etwas, so wird das Erdreich nach seinem schwächsten Widerstand gehoben, bildet Fig. 2 einen kappenförmigen Hügel (Calotte) a, b, c und berstet, wodurch mehr oder minder grosse und tiefe Risse sich bilden. Besitzt zumal das Erdreich um die Kammer hinlängliche Zähheit, so kann sogar die Calotte a, b, c gehoben werden, ein Ausbruch stattfinden, und ein kleiner Trichter sich erzeugen, ohne die Höhlung A um die Kammer zu zerstören, deren Mittelpunkt B oberhalb derselben zu liegen kommen wird.

§. 16. (Fig. 3 und 4. Taf. I.)

Die Erfahrung bestätigt das Gesagte.

Bei den zu Moldau-Thein in den Jahren 1754 und 1755 vorgenommenen Minenversuchen *) wurde die Mine Nr. 1, Fig. 3, in einem sandigen mit etwas Lehm gemischten Erdreiche unter einer W. L. **) von 8' mit 12 Pfd. Pulver geladen. Sie erzeugte nach ihrer Zündung keinen Ausbruch, sondern die Erde hob sich in der Mitte nur zu einem kleinen 9" hohen Hügel, von dessen Mitte mehrere irreguläre doch ziemlich concentrische Risse und Brüche von geringer Tiefe ausliefen, die durch andere eben solche Risse und Brüche der Quere nach durchschnitten waren. Bei dem Nachgraben unter diesem Hügel fand sich daselbst um die Kammer eine durch das entzündete Pulver gebildete Höhle mit einer festen Rinde, welche Höhle 3' zur Höhe und zwischen 2' und 2' 6" zur Breite hatte.

Bei der Mine Nr. 3, Fig. 4, welche unter einer W. L. von 8' in einem lettigen Erdreich 36 Pfd. Pulver zur Ladung erhielt, wurde nach der Zündung die Erde auf ungefähr 5' Höhe geworfen; demungeachtet fand man wieder ein grosses hohles Gewölbe, welches die Pulverkraft nicht geöffnet hatte und bei der Ausgrabung der Erde erst durchgeschlagen werden musste.

§. 17.

Wird die Pulverladung wiederholt verstärkt, so kann die Erde der Gewalt des entzündeten Pulvers nicht mehr widerstehen, die Calotte wird gebrochen, die Rinde der Höhle berstet, die Erde wird in mehrere Theile zertrümmert und als Garbe in die Höhe geworfen, wonach eine wirkliche zu Tage geförderte Trichtermine entsteht, was man mit dem Ausdrucke „die Mine tagt,“ belegt.

§. 18. (Fig. 5 und 6. Taf. I.)

Die Gewalt des Pulvers kann die Rinde, welche sich um die Höhle bildete, nach der Seite des schwächsten Widerstandes durchbrechen, und die Mine tagen, ohne dass eine Nothwendigkeit vorhanden ist, dass die Gestalt des Explosionstrichters

*) Man sehe über diesen Versuch Schröder's Manuskript.

**) Der Kürze wegen wird man im Contexte sich der Buchstaben W. L. und bei den Figuren des Buchstabens W statt der Widerstandslinie; eben so des Buchstabens R (Radius) statt des Trichterhalbmessers bedienen.

eine einfache geometrische Figur bildet, denn: durchbricht Fig. 5 diese Kraft auch diejenige Seite 1, 2 des hohlen Raumes gegen den schwächsten Widerstand 0,6, so können demungeachtet die einschliessenden rückbleibenden Seitentheile 1,3; 3,2 desselben in ihrer hohlen kugelförmigen oder elipsoidförmigen Gestalt stehen bleiben, so zwar, dass sich nur ein Segment 1,2 der Rinde mit der darüber gegen den schwächsten Widerstand liegenden Erde B trennt und ausgeworfen wird.

Diesem nach würde der ausgeworfene Explosionskörper eine zusammengesetzte Figur, bestehend aus einer Kugel oder Elipsoide A bilden, worauf ein verkehrter, an der Spitze sphärisch aus- und abgeschnittener Kegel 4, 1, 2, 5 sitzt.

Diese von Gillot durch Rechnung entwickelte zusammengesetzte Figur wurde schon in den oben-angezeigten Versuchen zu Moldau-Thein in den Jahren 1754 und 1755 von dem General Schröder mehrfach beobachtet, so wie z. B. Figur 6 bei der Ausräumung der Mine Nr. 5 in einem lettigen Erdreiche mit 60 Pfd. Pulverladung, welche die Garbe 15' hoch trug, es sich zeigte, wo auf dem kugelförmigen Raume A ein solcher verkehrt aufsitzender abgestumpfter Kegel 1, 2, 3, 4, 5 aufgefunden wurde.

Man wird später sehen, dass die Gestalt, welche dem Explosionskörper beigelegt wird, zur Berechnung richtiger Minenladungen, um die es eigentlich zu thun ist, bei gleichartigem Erdreiche ohne Bedeutung sei, und nur bei ungleichartigem, in seinen Schichten verschiedenen Erdreich in Anbetracht gezogen werden müsse.

§. 19.

Die genaue Ausräumung und Auffindung eines Explosionstrichters von der rückgefallenen Erde ist an und für sich sehr misslich und kann oft nur zum Theil errathen werden.

Schröder bemerkt hierüber im Wesentlichen folgendes: „Man wundere sich nicht, dass der Explosionstrichter oftmals eine so unförmliche und unregelmässige Gestalt erhielt, indem der abgebrochene Körper nicht so leicht aufzufinden ist, als es den Anschein hat. Die Unbestimmtheit der Quetschung und Zermalmung der Erde an den Trichterwänden macht alle Augenblicke Zweifel rege, wie weit mit der Ausräumung gegangen werden soll.“

Die Voraussetzung, dass nach der zuversichtlichen Angabe des Valiere der ausgeworfene Körper eine Paraboide sei, verursachte nebstbei, dass an den Wänden, ohne eigentlichen Vorsatz, Theile der Erde nur darum weggenommen wurden, weil sie locker waren und zur Annäherung an die krumme Oberfläche derselben nothwendig erschienen. In der Gegend der Kammer ward man vollends irre, indem eine harte und feste Erde sich zeigte, die weggenommen werden musste, wenn anders die Figur auf irgend eine Art sich schliessen sollte. Besonders erhoben sich viele zweifelhafte Fälle bei dem lettigen Erdreich, weil der Ueberrest des durch die Gewalt des entzündeten Pulvers durchbrochenen Gewölbes viel stärker sich zeigte, wie im sandigen Boden. Bei Nichtberücksichtigung der Angabe des Valiere wären nicht nur manche Zweifel nicht entstanden, sondern der Durchschnitt der Minen hätte auch eine natürlichere Gestalt erhalten.

Daraus folgt: dass der Mineur bei allen Versuchen und Untersuchungen mit keiner im vorhin-gefassten Meinung befangen sein soll, und dergestalt vorzugehen hat, als ob noch kein Resultat erzielt worden wäre. Bei Befolgung dieser Lehre würden nicht nur weniger Anomalien aufgefunden, sondern auch mancher Gefahr vorgebeugt werden.

§. 20.

Weil das entzündete Pulver, als elastisch-flüssiges, sich nach allen Seiten mit gleicher Kraft auszudehnen strebt, so wird auch bei einem gleichartigen Erdreich die Wirkung desselben sich dahin am meisten erstrecken, wo es den geringsten, und dahin am wenigsten, wo es den grössten Widerstand findet. Daher wird Fig. 7 die grösste Wirkung der Pulverkraft nach der kürzesten W. L. 0,3, die kleinste nach deren Verlängerung oder nach 0,4 stattfinden; und diese Wirkung wird von dem untersten Punkt 4 des grössten Widerstandes zunehmen, je mehr sie sich unter den verschiedenen Richtungen 0,6, 0,5, 0,2, der Oberfläche und der kürzesten W. L. 0,3 nähert, wo sie am grössten ist, und eben so werden die Pulverkräfte, die aus dem Kammermittelpunkt gleiche Winkel mit der W. L. bilden, in ihrer Wirkung gleich sein.

§. 21. (Fig. 7. Taf. I.)

Das Erdreich Fig. 7 über der Kammer 0 leistet bei einer grössern W. L. der Pulverkraft einen grössern ersten Widerstand wie bei einer kleinen W. L.; daher wird in Folge dessen dieselbe Pulverkraft bei einer grössern W. L. auch die Wirkung abwärts der Kammer oder dem Eindrücke nach 0,4 vergrössern.

Daher verhalten sich bei gleichen Pulverkräften die Wirkungen auf die Contrebasis oder den Eindruck 0,4 in der Verlängerung der W. L., wie die Widerstandslinien. Nach Schröder wird, wenn bei einer W. L. von 8' der Eindruck 0,4, 2' beträgt, derselbe bei einer W. L. von 12' = 3' bei einer W. L. von 16' = 4' u. s. f. sein.

Derselbe behauptet auch, dass selbst eine Vermehrung der Pulverladung, wenn sie nur nicht zu beträchtlich ist, keinen merklichen Unterschied auf die Contrebasis hervorbringe, mithin nur die verschiedenen Widerstandslinien auf die Grösse des Eindrucks an der Contrebasis einwirken. Eine Angabe, welche noch untersucht werden dürfte!

Der tiefste Punkt 4 der Contrebasis lässt sich meistentheils ziemlich genau auffinden; das Erdreich ist rund herum vom Pulver stark geschwärzt und verbrannt; oftmals findet man auch Boden- oder andere Stücke des Pulverkastens bis auf diese Tiefe hinabgedrückt.

§. 22. (Fig. 7. Taf. I.)

Indem Fig. 7 das Erdreich 7, 4, 8 unter der Kammer 0 nur zusammengedrückt wird und rückverbleibt, so nimmt man den ausgeworfenen oder Explosionskörper auch nur von dem Mittelpunkt 0 der Pulverladung bis an die Oberfläche 1, 2. Daher wird der Explosionskörper nicht als ganzer, sondern als ein gestutzter gerad- oder krummliniger Kegel angenommen.

Ob dieser Kegel gerad- oder krummlinig ist, hängt von dem Verhältnisse der Ordinaten 0, 8; 9, 10; 11, 12, u. s. f. zu ihren Abscissen der Trichterachse 3, 4 ab.

§. 23.

Der Druck und die Wirkung der Pulverkraft gegen das umschliessende Medium beschränken sich aber nicht allein auf den Auswurf des Explosions-

körpers, sondern sie wirken rund herum um die Kammer, und zwar mit einer Kraft, welche im verkehrten Verhältniss mit der Entfernung von derselben steht.

Die Wirkung der Pulverkraft in ihrer Umgebung kann einem stillstehenden Wasser verglichen werden, in welches ein Stein geworfen wird. Die dadurch erzeugten concentrischen Wellen sind anfangs stark und kräftig, werden aber allmählig schwächer und schwächer, je weiter sie sich von ihrem Mittelpunkte entfernen, bis sie endlich nach und nach, ohne eine bestimmte Gränze sich verlieren. Dieselbe Reihenfolge der Wirkungen wird bei dem entzündeten Pulver wahrgenommen. In der Nähe der Kammer wird alles zertrümmert, die Erde ausgeworfen, und die hohlen Räume werden eingestürzt; allmählig mit zunehmender Entfernung hört der Einsturz der hohlen Räume auf, die Erde wird nur erschüttert und ihres Zusammenhanges beraubt; bei noch grösserer Entfernung von der Kammer löset die Erschütterung den Zusammenhang der Erde nicht mehr auf, und es erfolgt nur ein Beben derselben, welches sich endlich mit der weiters zunehmenden Entfernung nach und nach, ohne eine bestimmte Begrenzung verliert.

Man hat diesen drei Stadien der Pulverwirkung zum Theil verschiedene Benennungen beigelegt.

So wird der am meisten ausgedehnte Raum, worin die Pulverwirkung von dem Kammermittelpunkt an bis zu ihrer äussersten Gränze der Erderschütterung, da sie rund um sich wirkt, die Wirkungssphäre genannt.

Der zweite minder ausgedehnte Raum, welcher in dem vorigen liegt und von dem Mittelpunkt der Ladung bis dahin sich erstreckt, allwo die Körper oder die Erde dergestalt erschüttert werden, dass sie ihren Zusammenhang verlieren, gleichsam zerrieben werden, nennt man gewöhnlich nach Marescot: *Sphäre de Friabilité*, Friabilitäts- oder Zerreiblichkeits-Sphäre oder auch Erschütterungs-Sphäre. In ihr werden Gewölbe und Galerien gespalten, gedrückt, gequetscht, die Verzüge ausgebaucht, die Gestelle gespalten und aus ihrer normalen Stellung gebracht, aber noch nicht eingestürzt. Ihre Gränze hat einen Spielraum zwischen einer mindesten und einer grössten Entfernung von der Ladung, welche also annähernd bestimmt werden kann.

Die kleinste Ausdehnung hat jener Raum der Pulverwirkung, welcher wieder in der Friabilitätssphäre eingeschlossen ist und bis in jene Entfernung von dem Ladungsmittelpunkt reicht, allwo alle hohlen Räume, Gewölbe, Galerien u. dgl. vollkommen eingestürzt werden. Diesen Raum heisst Belidor: *globe de compression*, Eindrucks-kugel, oder auch nur Druckkugel. Schröder heisst ihn auch in seiner Theorie der Minenladungen: Ausdehnungskugel; Marescot nennt ihn *sphäre de rupture*, wonach im Deutschen Trennungssphäre oder Einsturzsphäre gebraucht wurde. Unstreitig wäre die Belidor'sche Benennung *globe de compression* oder Eindrucks-kugel, die der Sache entsprechendste, wenn Belidor nicht später diese Benennung, wenn gleich nicht allein auf diese Minen passend, den stark geladenen Minen beigelegt hätte, welche eine verstärkte Wirkung hervorbringen und Trichter erzeugen, deren Halbmesser grösser wie ihre W. L. sind. Um daher keine Irrung zu veranlassen, wird man jenen sphärischen Raum, in welchem die hohlen Räume durch die Pulverkraft eingestürzt werden, die Trennungs- oder Einsturzsphäre benennen.

Die Begränzung dieser Trennungs- oder Einsturzsphäre, welche die wichtigste ist, bezeichnet sich ihrer Natur nach auch genauer.

§. 24.

Eine grössere Menge entzündetes Pulver wirkt in einem eingeschlossenen Raume unstreitig mit einer grössern Kraftausdehnung nach allen Seiten rund herum wie eine kleinere.

Ladet man daher in einem vollkommen gleichartigen Erdreiche unter gleichen W. L. mehrere Minen, so werden diejenigen, welche stärkere Ladungen erhalten, auch grössere Trichterdurchmesser, grössere Trennungssphären u. s. f. erzeugen, oder die Wirkungen werden mit der Grösse der Pulverladungen zunehmen und in einem gewissen geraden Verhältniss stehen.

So einfach diese Schlussfolge ist, so zweifelte man in früherer Zeit dennoch daran, und behauptete sogar das Gegentheil, nämlich: „dass bei einerlei W. L. der Durchmesser des Trichters immer gleich sei, die Ladung mag wie immer stark

sein;“ ferner: „dass bei einer sehr starken Ladung die Mine nicht mehr einen gewöhnlichen Trichter, sondern eine Art Brunnen tagen wird, wovon die Trichteröffnung an der Oberfläche des Erdreichs der obern Fläche des Pulverkastens gleich oder wenig davon verschieden sein wird. Folglich: dass eine sehr stark geladene Mine noch einen kleineren Trichter erzeugt wie eine gewöhnlich geladene.“

Belidor hat das Irrige dieser Meinung durch Versuche am ersten an das Licht gebracht, indem er durch die Verstärkung der Pulverladung Trichter erzeugte, deren Halbmesser beinahe das Dreifache der W. L., mithin der Durchmesser der Trichteröffnung beinahe die sechsfache W. L. erhielt.

§. 25.

Jede Pulvermenge bedarf in einer Mine zu ihrer vollständigen Kraftentwicklung einen verhältnissmässig ersten Widerstand. Nun tritt aber ein Moment ein, allwo bei derselben W. L. die vollkommene Entzündung der gesteigerten Pulverladung mit der Ueberwältigung des ersten Widerstandes und dem Ausbruch der Mine zusammentrifft; wird nun die Pulverladung über diese Gränze hinaus vermehrt (§. 11), so hat das Pulver nicht mehr die Zeit, mit seiner Kraft gehörig rund um sich zu wirken und in der Kammer sich gänzlich zu entzünden; es entzündet sich daher vollkommen erst nach dem Ausbruch oder wird theilweise auch ungezündet ausgeworfen, mithin ist in diesem Falle die zu grosse Pulvermenge ohne Wirkung für die Mine.

Daher wird die Vergrösserung des Trichter-Durchmessers bei derselben W. L. durch die fortwährende Vermehrung der Pulverladung nur bis zu einer gewissen Gränze statt finden, über welche hinaus keine Vergrösserung des Trichter-Durchmessers mehr erfolgen wird.

§. 26.

Eine schwache Ladung treibt die Theile der Minengarbe, welche unter verschiedenen Winkeln ausgeworfen werden, nicht so hoch wie eine starke Ladung unter derselben W. L., mithin fallen bei der schwachen Ladung diese Theile grösstentheils in den Trichter zurück; bei starker Ladung hingegen zerstreuen sie sich mehr unter verschiedenen Winkeln ausserhalb des Trichters.

Daher erzeugen schwache Ladungen seichte, und starke Ladungen tiefe rückgelassene Trichter.

§. 27.

Die kürzeste W. L. ist nicht immer die schwächste W. L. Leistet z. B. das Erdreich, oder was immer für ein Medium nach der kürzesten Linie vermöge der allda vorhandenen grössern Festigkeit oder Schwere mehr Widerstand wie gegen eine andere Richtung, so wird die Trichterachse auch nicht mehr senkrecht auf die Oberfläche stehen, somit der Explosionskörper einen schiefen Kegel bilden.

§. 28.

Theils, weil es nur selten ein vollkommen gleichartiges Erdreich in der Natur gibt, theils, weil die Pulverkraft nicht plötzlich zu wirken aufhört, theils auch, weil der Widerstand der Verdämmung meistens geringer wie das feste auszuwerfende Erdreich ist, und dergl. mehr, so wird auch der Umfang des Trichters selten ganz regelmässig erscheinen; eben so wenig als seine Seitenfläche glatt abgerissen aufgefunden wird. Je verschiedenartiger daher das Erdreich ist und je mehr andere Umstände einwirken, je unregelmässiger wird der Trichter erzeugt.

§. 29. (Fig. 8. Taf. I.)

Die Minen werden benannt, entweder nach ihren Winkeln, welche Fig. 8 die Explosionshalbmesser 0,4 mit 0,5, 0,1 mit 0,2, 0,6 mit 0,7 einschliessen; oder nach dem Verhältniss des Trichterhalbmessers zur W. L., welches sich wieder auf die mehr oder mindere Pulverladung bezieht. So heisst eine Mine von dem Winkel 1, 0,2 eine rechtwinklige, von dem Winkel 4, 0,5 eine spitzwinklige und die von dem Winkel 6, 0,7 eine stumpfwinklige Mine.

Von den Pulverkräften in Bezug der zu überwältigenden Widerstandskräfte und Berechnung der Minenladungen.

§. 30.

Nebst der Kenntniss der Pulverkräfte und ihren Wirkungen im Allgemeinen sind auch die Verhältnisse der Pulverkräfte gegen jene Kräfte, welche sie zu gewältigen haben, oder gegen die Widerstandskräfte zu untersuchen. Diese sind:

Nach dem Verhältniss des Trichterhalbmessers zur W. L. und zur Ladung werden sie theilweise verschieden benannt. So heisst die Mine 4, 0, 5, deren Trichterhalbmesser R' kleiner wie die W. L. ist, eine schwach geladene Mine; jene 1, 0, 2, deren Trichterhalbmesser R der W. L. W gleich ist, eine gehörig geladene, nach Rode und Anderen eine Mine voller Ladung, und nach Schröder auch eine gleichseitige Mine. Jene Minen, deren Trichterhalbmesser R'' grösser als die W. L. W ist, nannte man *globe de Compression* oder Druckkugel; man setzte später statt dieser Benennung, die jeder Mine zukommt, den ebenfalls unpassenden Namen einer überladenen Mine; gegenwärtig aber, und mit mehr Richtigkeit, legt man ihr den einer stark geladenen Mine bei.

Gehörig, gerecht, normal, geladen, die volle Ladung drückt jederzeit den Begriff einer Minenladung aus, welche die verlangte Wirkung erzeugt, es mag nun der Trichterhalbmesser gleich Null, kleiner, gleich oder grösser wie die W. L. sein. Eben so ist nur jene Mine überladen, deren Wirkung grösser wie die beabsichtigte ausfällt. Man wird in der Folge, wenn man es nicht besonders bemerkt, diese benannten Minengattungen also benennen:

- Wenn $R = \text{Null}$, eine Quetsch- oder Dampfmine;
 - $R < W$, eine schwach geladene Mine;
 - $R = W$, eine gleichseitige Mine;
 und
 - $R > W$, eine stark geladene Mine.

Jene Minen, deren Widerstandslinien zu ihren Trichterhalbmessern in gleichem Verhältnisse stehen, werden ähnliche Minen, und jene, deren Verhältnisse nicht gleich sind, werden unähnliche Minen genannt.

- 1) Das Gewicht oder die Last des auszuwerfenden Explosionskörpers, welches aber nichts anders ist als das Produkt des körperlichen Inhalts dieses Explosionskörpers in seine eigenthümliche Schwere.
- 2) Die Festigkeit, welche wieder durch den

Zusammenhang der Theile, die Zähheit, Härte und Elasticität des Explosionskörpers bedingt ist.

- 3) Ist noch der mechanische Einfluss, oder der Druck der atmosphärischen Luftsäule auf die Grundfläche des Explosionskörpers zu untersuchen.

§. 31.

Das Gewicht des Explosionskörpers lässt sich ausmitteln, indem man das eigenthümliche Gewicht der Einheit, z. B. eines Kubikfusses, einer Kub.-Klafter, mit dem körperlichen Inhalt desselben multiplicirt.

Bis nun ist aber kein verlässliches Mittel aufgefunden worden, die Festigkeit des Explosionskörpers zu bestimmen.

Belidor und Valiere haben folgende Hypothese aufgestellt:

„*) Wenn der Explosionskörper von der übrigen Erde losgerissen werden soll, so darf er nur an seinen Seitenflächen, allwo er mit dem übrigen Körper zusammenhängt, abgelöst werden. Ist diese Ablösung geschehen, so ist auch die Festigkeit überwunden; folglich verhalten sich die Festigkeiten gegen einander wie die Seitenflächen.“

„Da nun alle Trichter, ihrer Meinung nach, ähnliche Körper sind, und bei diesen die Seitenflächen sich gegen einander verhalten wie die Quadrate der gleichnamigen Linien, so verhalten sich auch die Festigkeiten bei den Minen in gleichartigem Erdreich wie die Quadrate der Widerstandslinien.“

„Abgesehen davon, dass nicht alle Minen ähnlich sind, so dürfte die Folgerung, dass die Festigkeiten bei gleichartigem Erdreich sich verhalten wie die Quadrate der Widerstandslinien, schon darum unhaltbar sein, weil die Seitenflächen des Explosionskörpers nicht nur nicht genau aufgefunden werden können, sondern auch, weil die Gewalt des Pulvers nicht allein auf die Hebung des ganzen Explosionskörpers und Abreissung von seinen Seitenflächen, sondern auch auf die Zertrümmerung desselben vertheilt wird, und die einzelnen Theile des Explosionskörpers ebenfalls unter sich durch die Gewalt des Pulvers abgelöst werden. Endlich geht die Zertrümme-

rung der Theile des Explosionskörpers vor dem Ausbruch der Mine, oder der Losreissung der Seitenflächen vor sich, und letztere findet ohne die erste nicht statt. Mithin dürfte die Festigkeit eben so wie das Gewicht im Verhältniss zum körperlichen Inhalte stehen, und nicht zu den Seitenflächen des Trichters.“

Mouzé hat in seiner Abhandlung über die unterirdische Befestigung bei der Verdämmung der Mine angeführt, dass eine Mine von 10' W. L. mit 102 Pfd. Pulver franz. Gewicht geladen, nachdem sie gespielt hatte, mit eben der ausgeworfenen Erde wieder ausgefüllt wurde, indem man vorher die Kammer und Verdämmung hergestellt, und zur Pulverladung nur die Hälfte, nämlich 51 Pfd. genommen hatte. Diese Sprengung warf alle über dem Ofen befindliche Erde aus, und die Höhe der Erdgarbe war dieselbe wie beim ersten Ofen; woraus man geschlossen: dass der Widerstand der Zähheit dem Gewichte der Erdmasse gleich sei. Indessen bemerkt Mouzé selbst, dass diese Regel nicht allgemein sein kann, weil es unter den Zähheiten der Erdgattungen eben so viele Unterschiede gibt als unter den Theilen, welche diese Erdgattungen bilden.

Es erübrigt daher nichts anders als das Gewicht oder die Last mit der Festigkeit vereint anzunehmen.

§. 32. (Fig. 10 und 11. Taf. I.)

Je grösser die Last und je grösser die Festigkeit der Explosionskörper in Betreff des Zusammenhanges der Theile, der Zähheit und die Härte ist, um desto grösser sind die Widerstandskräfte, und um so mehr Pulverkraft wird erfordert, sie zu überwinden; je grösser hingegen die Elasticität ist, um so geringer werden die Widerstandskräfte, und um so weniger Pulverladung wird zu deren Gewältigung erfordert.

a) Mithin stehen die Widerstandskräfte und die sie gewältigenden Pulverladungen in geradem Verhältniss des Gewichtes und der Festigkeit, und in dem verkehrten der Elasticität der Explosionskörper.

Setzt man Fig. 10 die W. L. einer Mine

wie oben = W,

Den Trichterhalbmesser 7,2 = R.

Den körperlichen Inhalt des Explosionskörpers = K.

*) Schröder's „Manuscript.“

Das eigenthümliche Gewicht desselben, verbunden mit der Festigkeit, jedoch ohne

Elasticität = P.

Die Elasticität = E.

Die Pulverladung = L.

Und Fig. 11 für eine zweite Mine die gleichnamigen Werthe: w, r, k, p, e, l.

Indem all dasjenige, was auf die Widerstandskräfte Bezug hat und gefunden wird, in derselben Art auch auf die Pulverladungen seine Anwendung findet, so wird man, um den Wiederholungen auszuweichen, nur letztere, nämlich die Pulverladungen, aufnehmen *).

Aus Obigem folgt der Theorie nach:

$$a) \quad L : l = \frac{KP}{E} : \frac{kp}{e} \text{ und da:}$$

$$K : k = WR^2 : wr^2, \text{ so wird auch}$$

$$b) \quad L : l = \frac{WR^2P}{E} : \frac{wr^2p}{e}.$$

Setzt man die Elasticität gleich, so wird $E = e$, und es verhält sich:

$$c) \quad L : l = WR^2P : wr^2p.$$

Sind die Minen in einem gleichartigen Erdreich, so wird $E = e$ und $P = p$, mithin:

$$d) \quad L : l = WR^2 : wr^2.$$

Haben die Minen in einem gleichartigen Erdreich gleiche W. L., so wird $E = e$, $P = p$ und $W = w$, mithin:

$$e) \quad L : l = R^2 : r^2.$$

Sind die Minen in einem gleichartigen Erdreich und haben gleiche Trichterhalbmesser, aber verschiedene W. L., so wird $E = e$, $P = p$ und $R = r$; mithin:

$$f) \quad L : l = W : w.$$

Sind in einem gleichartigen Erdreich die Explosionskörper 0, 1, 2 und 3, 4, 5 ähnlich, so verhält sich:

$$L : l = WR^2 : wr^2$$

und wegen der ähnlichen Figuren

$$W : w = R : r, \text{ folglich auch}$$

$$f) \quad W^2 : w^2 = R^2 : r^2.$$

Und da ähnliche Körper sich wie die Würfel der gleichnamigen Seiten oder ihre Höhen verhalten, so wird:

$$g) \quad WR^2 : wr^2 = W^3 : w^3$$

und ebenso

$$h) \quad WR^2 : wr^2 = R^3 : r^3.$$

*) Die Abweichungen von diesen theoretischen Lehren und Formeln werden späterhin folgen.

Sind die Erdgattungen, worin die Minen angelegt werden, von ungleicher Beschaffenheit (aber die Erdgattung für jede Mine gleichartig), so entwickeln sich nachfolgende Formeln:

Bei gleicher W. L., oder $W = w$ verhält sich:

$$i) \quad L : l = R^2 \frac{P}{E} : r^2 \frac{p}{e}$$

und bei gleicher Elasticität,

$$k) \quad L : l = R^2 P : r^2 p.$$

Sind die Trichterhalbmesser in ungleichartigen Erdgattungen gleich, mithin $R = r$, so verhält sich:

$$l) \quad L : l = \frac{W^3P}{E} : \frac{w^3p}{e};$$

Bei gleicher Elasticität wird

$$m) \quad L : l = W^3P : w^3p$$

sich verhalten.

Sind Fig. 10 und Fig. 11 die Explosionskörper 1, 0, 2 und 3, 4, 5 in ungleichartigen Erdgattungen ähnlich, so verhält sich:

$$W : w = R : r$$

$$W^2 : w^2 = R^2 : r^2,$$

und bei ähnlichen Körpern:

$$WR^2 : wr^2 = W^3 : w^3,$$

folglich:

$$WR^2P : wr^2p = W^3P : w^3p$$

und eben so

$$WR^2P : wr^2p = R^3P : r^3p.$$

Und da ferner

$$L : l = WR^2P : wr^2p$$

sich verhält, so verhält sich auch:

$$n) \quad L : l = W^3P : w^3p$$

und

$$o) \quad L : l = R^3P : r^3p.$$

§. 33.

Noch ist der mechanische Einfluss, oder der Druck der atmosphärischen Luftsäule auf die Grundfläche des Explosionskörpers zu untersuchen.

Die atmosphärische Luft ist eine schwere elastische Flüssigkeit, welche die Erde concentrisch umgibt, und vermöge dieser Eigenschaften in ihrer Dichte immer mehr abnimmt, je grösser die Entfernung von der Oberfläche der Erde ist; sie dringt in alle leere Räume, die nicht vollkommen luftdicht oder hermetisch geschlossen sind; sie erhält durch den Druck eine grössere Dichtigkeit und Elasticität, und durch die Wärme eine geringere Dichtigkeit, aber eine grössere Elasticität.

Der Druck der atmosphärischen Luftsäule wird einer Wassersäule von 32' gleich gesetzt; es ist so-

nach leicht, den Druck auf die Grundfläche des Explosionskörpers zu berechnen.

Allein da die Luft vermöge ihrer Flüssigkeit, Schwere und Elasticität in alle Räume dringt, so wird deren Druck bei allen derselben zugänglichen Körpern wechselweise aufgehoben, es mag die Verbindung der Luft auch durch einen noch so kleinen Kanal statt finden.

Daher kann die Wirkung des atmosphärischen Luftdruckes nur dann in seiner vollen Ausdehnung statt haben, wenn auf der entgegengesetzten Seite der Luftsäule ein vollkommen luftleerer Raum besteht, der hermetisch von der Luft abgeschlossen ist, wie es z. B. in dem Barometer durch das Quecksilber geschieht, wo oberhalb desselben ein vollkommen luftleerer Raum (die Toricellische Leere) gebildet wird.

§. 34.

Die Luft leistet aber auch einem bewegten Körper Widerstand, der bei einer kleinen Geschwindigkeit kaum fühlbar wird, da sie bei ihrer geringen Dichte und grossen Elasticität nach allen Seiten alsogleich ausweicht und an der entgegengesetzten Seite der Bewegung sich wieder schliesst; dieser Widerstand nimmt aber immer mehr zu, je mehr die Geschwindigkeit des bewegten Körpers wächst, und wird in seiner vollen Ausdehnung stattfinden, wenn diese Geschwindigkeit so gross ist, dass an der entgegengesetzten Seite der Richtung des Fluges die Luft nicht mehr so schnell sich schliessen kann als der Körper forteilt, und wodurch ebenfalls ein luftleerer Raum an dieser entgegengesetzten Seite entsteht.

Nach Vega*) ist die Ausströmungsgeschwindigkeit der atmosphärischen Luft in den luftleeren Raum im ersten Augenblicke der Bewegung = 1336 Fuss. Es muss daher ein in der Luft bewegter Körper eine grössere Geschwindigkeit wie 1336 Fuss erhalten**), damit der ganze Druck der Luftsäule auf ihn wirke, nämlich: das Produkt der, der Luft entgegengesetzten Fläche in das Gewicht einer 32 Fuss hohen Wassersäule.

*) Vega's Anleitung zur Hydrodynamik.

**) Nach Robins 1400 Fuss; nach Baumgartner's Physik aber wäre diese Geschwindigkeit nur 800 Fuss.

§. 35.

Es handelt sich nun darum, ob auf der, der Luftsäule entgegengesetzten Seite der Grundfläche des Explosionskörpers ein luftleerer Raum vorhanden sei; und dann: ob die Geschwindigkeit des ausgeworfenen Explosionskörpers in Bezug des Luftwiderstandes einen Einfluss auf den Trichterkreis ausübt.

§. 36.

Die Luftsäule kann nur dann in seiner vollen Ausdehnung auf die Oberfläche des Explosionskörpers oder den Trichterkreis drücken, wenn an der entgegengesetzten Seite ein vollkommen luftleerer Raum, oder kein anderer Widerstand vorhanden ist, der der Luftsäule mindestens das Gleichgewicht hält.

Nun kann aber bei einem angelegten Minenofen ein luftleerer Raum nicht nachgewiesen werden; wäre die Kammer luftleer, so könnte selbst das Pulver sich nicht entzünden (§. 6); übrigens steht sie mittelst der Brandröhre auch mit der äussern Luftsäule rückwärts der Verdämmung in Verbindung, und an der entgegengesetzten Seite ist bei den gewöhnlichen Minen, von denen hier die Rede ist, die Erde meist in unermesslicher Tiefe, welche den Druck der Luftsäule weithin überwiegt. Mithin bleibt in diesen Hinsichten der Atmosphärendruck ohne Einfluss auf die Wirkung der Minen.

Mehrere Schriftsteller jedoch ziehen die Einwirkung der atmosphärischen Luftsäule, oder den Druck, den sie auf den Trichterkreis ausübt, dennoch in Betracht, setzen ihn einer Säule fester Erde von 11' oder einer lockern von 22' Höhe gleich und folgern hieraus sinnreiche Theorien.

Hierüber glaubt man aber anführen zu müssen, dass der Atmosphärendruck als ganzer Erdcylinder angenommen wird, dessen Grundfläche der Trichterkreis und dessen Höhe, je nachdem, von 11' oder 22' ist.

Nun ist aber bekannt, dass eine Mine im ersten Augenblick der Entzündung mit ihrer Kraftentwicklung rund um sich wirkt, den Zusammenhang des Ganzen ihrer Umgebung löset, Klüfte und Risse erzeugt, wodurch das Pulvergas mit der atmosphärischen Luft in Verbindung tritt, und sodann erst der Explosionskörper ausgeworfen wird.

Hierdurch allein schon wird obige Annahme der Einwirkung des Atmosphärendruckes auf den Trichterkreis paralysirt, und wenn auch die äussere

Luft ob der so viel grössern Ausdehnung und Geschwindigkeit des Pulvergases nicht vermag in die entstandenen Klüfte einzudringen, so wird dennoch ihr Zutritt durch den innehabenden Sauerstoff zur gänzlichen Entzündung des Pulvers beitragen, wodurch die Wirkung der Mine nur verstärkt und nicht vermindert werden dürfte.

Es bleibt daher die ausgesprochene Behauptung, dass die Luftsäule auf die Grösse des Explosionskörpers einwirkt und einen kleinern Trichterkeris erzeugt, mindestens noch sehr problematisch.

Es mag nun darüber eine oder die andere Ansicht die richtigere sein, so sind diese abweichenden Theorien für die Praxis von keinem Belang, da wie schon erwähnt nur aus der Erfahrung richtige Theorien abgeleitet werden können und im luftleeren Raum keine Minen angelegt werden.

§. 37.

Der Luftwiderstand, der durch die Geschwindigkeit der ausgeworfenen Theile des Explosionskörpers Einfluss nehmen kann, hat keinen Bezug mehr auf die gewöhnlichen verdämmten Erdminen, indem die Einwirkung des Luftwiderstandes auf diese Theile erst dann anfängt, wenn die Pulverwirkung gegen die Erdoberfläche schon vollbracht ist. Anders ist es bei unverdämmten Minen, wie in der Folge das Nähere auseinander gesetzt werden wird.

§. 38.

Nach der bisher gepflogenen Zergliederung und den im §. 30 u. s. f. hergeleiteten Regeln wäre man in Stand gesetzt, die Minenladungen zu berechnen, wenn es in der Möglichkeit liegt, das Gewicht und die Festigkeit bezüglich der Härte, Zähheit und Elasticität auszumitteln, und wenn, wie vorausgesetzt wurde, die Pulverladungen sich genau wie die körperlichen Inhalte der Explosionskörper verhalten; das ist, wenn ein ein-, zwei- oder dreifacher körperlicher Inhalt desselben auch eine ein-, zwei- oder dreifache Pulverladung zur verlangten Wirkung benöthiget.

§. 39.

Das Gewicht des Explosionskörpers zu finden unterliegt keiner Schwierigkeit; wiegt man eine Einheit (1 Kubikklafter oder 1 Kubikfuss) und multiplicirt dieses Gewicht mit dem körperlichen

Inhalt des Explosionskörpers, oder mit dem körperlichen Inhalt derjenigen Figur, welche man ihm beigelegt hat, sei es ein ganzer, ein abgeschnittener gerader oder krummliniger Kegel, so erhält man das ganze Gewicht des gesuchten Explosionskörpers.

Nicht also verhält es sich mit der Festigkeit, bezüglich der Härte, Zähheit und Elasticität, da diese einzelnen Eigenschaften weder für sich allein, noch in Verbindung mit den andern, wenigstens nicht mit denen, dem Mineur zu Gebote stehenden Mitteln, mit Verlässigkeit bestimmt werden können.

Man kann aber das Gewicht des Explosionskörpers nicht heben, ohne auch zugleich dessen Festigkeit zu überwältigen, demnach nichts anders erübriget, als das Gewicht in Verbindung mit der Festigkeit zu nehmen, und den Gesamtwiderstand, oder die zur Gewältigung desselben nöthige Pulverladung durch Versuche zu erheben. Nun herrscht aber bei denen, durch Pulverladungen zu sprengen kommenden Medien so viel Mannigfaltigkeit und Abstufung in ihrer Zusammensetzung, dass die Mineure sich nur auf Versuche über die meist vorkommenden und nothwendigsten Gegenstände, als Erde, Felsen, Mauerwerk und dergleichen, in ihren Hauptabstufungen, beschränken konnten. Auf die Basis dieser Versuche wurden nun mehrere Methoden, die Minenladungen zu berechnen, angegeben. Man übergeht die meisten dieser aufgestellten Theorien, da sie, verdrängt durch neuere richtigere Ansichten, von keinem erheblichen praktischen Nutzen mehr sind, und verweist jene, welche sich eine Kenntniss davon zu verschaffen suchen, auf Schröders Manuscript 4. Abschnitt §. 74 u. s. f.

§. 40.

Gegenwärtig werden die Minenladungen auf zweierlei Arten berechnet; sie führen zu demselben Resultat und sind nur darin unterschieden, dass bei der ersten Methode die Figur des Explosionskörpers gänzlich ausser Acht gelassen, hingegen bei der andern dem Explosionskörper eine bestimmte Form beigelegt wird, und da beide Methoden an und für sich auf Versuche sich stützen, so bezieht sich letztere auch oftmals auf die Theorie der ersten.

§. 41.

Sprengt man in der zur Probemine ausersehenen Erdgattung nach einer der W. L. verhältniss-

mässigen Pulverladung eine Mine, so würden nach §. 32 (d), da die Ladungen in einem gleichartigen Erdreich sich wie die W. L. in die Quadrate der Trichterhalbmesser, oder wie die körperlichen Inhalte der Explosionskörper verhalten, für alle gleiche körperliche Inhalte, und so fort nach §. 32 (g) (h) auch für alle ähnliche Minen desselben Erdreichs die Pulverladungen sich finden lassen. Allein dem widerspricht die Erfahrung, weil jede Minenladung nicht nur auf den körperlichen Inhalt des Explosionskörpers sich bezieht, sondern nach §. 25 zu ihrer vollkommenen Entwicklung auch den verhältnissmässigen ersten Widerstand bedarf; mithin sowohl für eine zu kleine, als für eine zu grosse W. L. das Pulver nicht nach der verlangten Wirkung seine Kraft auszuüben vermag.

Daher stehen die Pulverladungen nur bei ähnlichen Minen in einem gleichen Verhältniss mit dem körperlichen Inhalte.

§. 42.

Gegen obige Regel, „dass die Pulverladungen bei ähnlichen Minen in einem gleichen Verhältniss der körperlichen Inhalte stehen“, bemerkt Schröder:

- 1) Eine grössere Menge Pulver erzeugt mehr Hitze wie eine kleinere, mithin wird auch die Ausdehnung der entwickelten Pulvergase durch eben diese vermehrte Hitze einen grössern Grad erreichen, oder intensiver werden, folglich müssen auch die Pulverkräfte in einem grössern Verhältniss zunehmen, wie die körperlichen Inhalte der zu erzeugenden Trichter. Daher auch eine Mine mit einem kleinern W. L. eine gegen den Inhalt des Explosionskörpers verhältnissmässig grössere, und eine Mine mit einer grössern W. L. eine verhältnissmässig kleinere Pulverladung benöthiget.
- 2) Die Entzündung des Pulvers geschieht in einer ausserordentlich rasch zunehmenden Progression (§. 6), mithin werden 2 Pfd. Pulver nicht doppelt so viel Zeit wie 1 Pfd. und um so weniger 3 Pfd. u. s. f. das dreifache an Zeit u. s. f. zur gänzlichen Zündung bedür-

fen, daher wird auch die Kraft mehr als doppelt, dreifach u. s. f. gross sein.“

Die mehr oder mindere Richtigkeit dieser Bemerkungen ist nur durch Probeminen zu erheben, welche in demselben gleichartigen Erdreiche in verschiedenen Tiefen angelegt, und deren Resultate mit der Theorie verglichen werden, „dass ähnliche Minen in derselben Erdgattung (§. 32 h) sich wie die Würfel der W. L. verhalten.“

§. 43.

Jede bestimmte Pulverladung kann so viele stark und schwach geladene Minen erzeugen, als für dieselbe Ladung die W. L., mithin auch das Verhältniss der W. L. zum Trichterhalbmesser sich ändert; dieselbe Ladung kann aber nur für eine einzige W. L. eine gleichseitige Mine tagen; und da bei ein und derselben Pulverladung die grösste Wirkung diejenige ist, welche den grössten Explosionskörper auswirft, so werden auch die gleichseitigen Minen jene sein, welche mit derselben Pulverkraft die grösste Wirkung hervorbringen.

§. 44.

Da es bis nun noch nicht gelungen ist, eine allen Anforderungen entsprechende Theorie zur Berechnung der Minenladungen aufzustellen, so sieht man sich genöthigt, dem allgemeinen Gebrauch zu folgen, der einen mehr praktischen Vorgang entspricht; diesemnach wird die Eintheilung zur Berechnung der Minenladungen, abgesondert für gleichseitige, für stark geladene, für schwach geladene Minen und Dampfminen u. s. f. geschehen, und jede Minengattung für sich abgehandelt werden, ohne jedoch ihre gemeinschaftlichen Eigenschaften ausser Acht zu lassen.

Indem aber eine genaue Berechnung der Minen ohne vorhergehende Probeminen, die nur allein zu einem praktischen Resultat führen, nicht thunlich ist, so wird man zuerst untersuchen, wie und auf welche Art diese auszuführen sind, und was dabei zu beobachten kömmt.

Von den Probeminen.

§. 45.

Unter Probeminen werden im Allgemeinen jene Minen verstanden, welche im vorhinein zur Ausmittlung der zugehörigen gerechten Pulverladungen in den gegebenen Medien dienen.

Gegenwärtig wird nur von jenen Probeminen gesprochen, die im Erdreich angelegt werden, und auch nur von Trichterminen.

Das zur Ladungsbestimmung vorhandene Erdreich kann jedoch gleichartig oder auch in mehreren Schichten ungleichartig zusammengesetzt sein, wie z. B. bei dem Glacis und den grössern Erdanschüttungen, in festen Plätzen, bei Anschwemmungen in frühern oder spätern Epochen der Bildung der Erdrinde u. s. w.

Die Probeminen werden entweder in einem bis ausserhalb der Einwirkung des Pulvers durchaus ganzen, ohne durch hohle Räume unterbrochenen Erdreiche, oder auch in der Nähe von Galerien angelegt, um die Ausdehnung ihrer Wirkung kennen zu lernen.

Gewöhnlich versteht man aber unter Probeminen nur jene, die ringsum bis ausser ihrem Bereich mit Erde umgeben sind. Diejenigen, die gegen Galerien angelegt werden, werden gewöhnlich unter die Versuche gerechnet.

Um bei den Probeminen genügende und verlässliche Resultate zu erzielen, müssen folgende Beobachtungen mit grösstem Fleisse und Aufmerksamkeit vollführt und zur Richtschnur genommen werden:

1) Nimmt man gewöhnlich trockenes gutes Minenpulver, welches auf der Stangenprobe des k. k. Mineurcorps 35 bis 40 Grade schlägt; *) welche

Gradhältigkeit aus mehreren Ladungen in ihrem arithmetischen Mittel genommen wird. Sollte das arithmetische Mittel mehr wie 40 und weniger wie 35 Grad zeigen, so wird die Pulverladung der Probeminen nach der hier folgenden Belehrung geregelt.

Die Pulverkräfte werden nach den Widerstandskräften gemessen, welche sie überwinden; mithin kann man statt jene diese setzen.

Die Widerstandskräfte bei der Stangenprobe sind der zu hebende Deckel sammt seiner Stange mit ihrem Gesamtgewicht = M , und die Schwere, welche den Kräften K , k zu steigen gleichförmig verzögernd entgegenwirkt. Die Kraft, den Deckel zu heben, wird durch die Massen oder Gewichte M und m in ihre Geschwindigkeiten G und g gemessen oder:

$$K = MG \text{ und } k = mg,$$

$$\text{daher: } K : k = MG : mg.$$

Da nun der Deckel sammt Stange derselbe bleibt, so wird $M = m$, und es verhält sich $K : k = G : g$.

Nach den Regeln der Mechanik verhalten sich die Geschwindigkeiten der Körper, wenn man den Luftwiderstand ausser Acht lässt, bei gleichförmig beschleunigter oder gleichförmig verzögernder Bewegung verkehrt wie die Wurzeln aus den in derselben Zeit durchlaufenen Räumen R und r , mithin:

$$K : k = \sqrt{r} : \sqrt{R}.$$

Indem man annimmt, dass sich die Pulverkräfte wie die Menge des Pulvers oder die Grösse der Ladungen L und l verhalten, so wird:

$$K : k = L : l \text{ und auch}$$

$$L : l = \sqrt{r} : \sqrt{R}.$$

Da nun R und r die Räume anzeigen, welche in derselben Zeit durchlaufen und diese Räume durch die Anzahl der Grade gemessen werden, welche der Deckel nach Entzündung der Pulverladung durchlaufen hat, so werden R und r durch die Anzahl der Grade ausgedrückt, bis wohin der Deckel gehoben wird. Z. B., es erfordert eine 10' tiefe Mine 90 Pfd. Pulver zur Ladung, welches 36 Grad schlägt; wie viele Pfunde werden zu derselben Wirkung unter derselben W. L. an Pulver erfordert, welches nur 25 Grad schlägt.

*) Vermöge des hohen Geniehauptämtlichen Rescriptes Nr. 4344, dd. 18. Nov. 1839 ist nach gepflogenen Einvernehmen mit dem Haupt-Zeugamt für das Mineurcorps, sowohl zum Gebrauche bei dessen Uebungen, als auch bei Festungs- oder Vertheidigungsminen, blosses Stuckpulver zu erfolgen, welches wenigstens 42 und höchstens 48 Grad schlagen soll. Bei dem Mangel eines derlei gradhältigen wird bei der Vertheidigung auch stärkeres, nicht aber schwächeres Pulver verabreicht. (Hauptzeugamts-Verordnung an die Artillerie-Districts-Commanden Nr. 2922).

Nach diesem ist $L = 90$, $R = 36$, $r = 25$ und l unbek.
mithin $90 : l = \sqrt{25} : \sqrt{36}$,
und $l = 108$ Pfd.

Selbst nach dieser Berechnung dürfte das erwartete Resultat nicht immer entsprechen, weil bei einem schlechteren Pulver und dennoch grösserer Ladung die Entzündung nicht so schnell vor sich gehen wird, wie bei einem guten in einem geringeren Raum eingeschlossenen Pulver. Dieser Uebelstand dürfte besonders bei Minen unter kleiner W. L. fühlbar werden.

2) Legt man Probeminen aus der Ursache an, um die Pulverladungen zu den verschiedenen Erdgattungen aufzufinden, so sucht man ein in seiner Tiefe möglichst gleichartiges, wenn auch gemischtes Erdreich auf, weil eine in ihren Schichten zu sehr abwechselnde Erdgattung selten auf eine andere als Norm anwendbar erscheinen wird. Sind aber die Probeminen für ein bereits bestimmtes Erdreich auszuführen, so werden die Ladungen hierzu für ein in seinen Horizontalschichten sehr abweichendes Erdreich nach einem Verhältniss ausgeführt, welches auf bereits nach oben vollführten Probeminen sich fusset, und worüber weiterhin bei der Ladungsberechnung der gleichseitigen Minen das Ausführlichere folgen wird.

Hat man eine der Absicht entsprechende Erdgattung aufgefunden, so wird dieselbe kurz und deutlich beschrieben; sodann werden mehrere Kubikfuss feste Erde von der Höhe, der Mitte und der Kammertiefe gewogen, und das verhältnissmässige Gewicht für 1 Kubikfuss gefunden. Es wird dabei nothwendig erachtet, die feste Erde zu wiegen, weil das Raumverhältniss der Vermehrung der festen Erde zur lockern zu veränderlich ist.

3) Nimmt man aus der Erfahrung als bekannt an, dass eine Mine von 10' W. L. in gewöhnlichem Erdreiche 100 Pfd. franz. Gewicht oder $87\frac{1}{2}$ Pfd. Wiener Gewicht zu jener Ladung bedarf, welche eine gleichseitige Mine tagt, und berechnet nach §. 32 (g), bei der Voraussetzung, dass die Ladungen ähnlicher Minen in dem gleichartigen Erdreich sich wie die Würfel der W. L. verhalten, so erhält man die Pulverladung für die W. L. der gleichseitigen Probeminen.

Fällt nun der Trichterhalbmesser grösser oder kleiner als die W. L. aus, so wird die Ladung berichtigt, indem man für nicht bedeutende Unterschiede des Trichterhalbmessers annehmen kann,

dass bei gleichen W. L. die Ladungen in demselben Erdreich §. 32 (e) sich wie die Quadrate der Trichterhalbmesser verhalten.

Ist z. B. die W. L. der Probemine 9', so wird die dazu nöthige Pulverladung, um eine gleichseitige Mine zu tagen, nach Obigem

$$10^3 : 9^3 = 87,5 : l$$

$$1000 : 729 = 87,5 : l$$

$$l = 63,78 \text{ Pfd. Wiener Gewicht Pulver.}$$

Wäre der verhältnissmässige Trichterhalbmesser (denn selten wird man einen vollkommenen Trichterkreis erhalten) statt 9' bei der Pulverladung von 63,78 Pfd., 8', 5 ausgefallen, so verhält sich:

$$8,5^2 : 9^2 = 63,78 : l'$$

$$72,25 : 81 = 63,78 : l'$$

und . . . $l' = 71,50$ Pfd. Pulver, anstatt 63,78 Pfd.

Dieses Verfahren gibt sehr nahe die gehörige Pulverladung der gleichseitigen Probeminen von 9' W. L. in dem angenommenen Erdreich an. Ist man durch diesen Vorgang noch nicht beruhiget, oder ist die Probemine z. B. für eine grössere Ausdehnung eines Minensystemes wichtig, so wird der Versuch mit der letzt gefundenen Ladung wiederholt und bei abweichendem Resultate wie vorher verfahren. Stimmen mehrere sich nahe kommende Versuche nicht gänzlich überein, so wird wieder aus den gegebenen Ladungen das arithmetische Mittel für die gehörige Ladung einer gleichseitigen Mine zu dem gegebenen Erdreiche angenommen. Wie nun die gehörige Pulverladung durch Probeminen für eine Erdart gefunden wurde, so wird sie auch für jede andere, in ihren Eigenschaften und ihrem Gewicht verschiedene gefunden.

4) Bei den Probeminen darf entweder gar kein hohler Kammerraum gelassen werden, oder derselbe soll nur so gross sein, dass er die schnelle Entzündung des Pulvers befördern hilft.

In jedem Falle muss, besonders wenn mehrere Probeminen gesprengt werden sollen, der hohle Raum dem körperlichen Inhalt der Pulverladung proportionirt sein und darf $\frac{1}{3}$ derselben nicht übersteigen.

5) Die Verdämmung muss nicht nur mit besonderer Festigkeit und Genauigkeit ausgeführt werden, sondern ihre Länge muss auch bei den Probeminen wenigstens $1\frac{3}{4}$, besser 2 W. L. betragen. Auch müssen alle hohlen Räume, welche sich bei der Ausarbeitung und Verpelzung der Minengänge

ergeben haben, oder in der Nähe der Kammer liegen, auf das Sorgfältigste und Gewissenhafteste ausgefüllt werden.

6) Wie die Verdämmung vollendet und zur Zündung hergerichtet ist, darf mit derselben nicht lange gezögert werden, damit das Pulver nicht zu sehr von der Feuchtigkeit anzieht, die mehr oder minder beinahe in jedem Erdreich vorhanden ist.

7) Nach der Zündung werden folgende Zeiträume beobachtet:

- a) Von der Zündung der Mine bis das Feuer in die Kammer gelangt, welches durch das rollende Geräusch der Zündwurst und die augenblickliche Stille, wenn das Feuer die Kammer erreicht hat, leicht zu erkennen ist.
- b) Wie lange die Calotte, welche gleichsam zu kochen scheint, braucht, bis sie berstet, und der Aufzug der Minengarbe beginnt, was beiläufig die Zeit bestimmt, welche die gänzliche Entzündung der Minenladung benötigte, auch einigermaßen einen Masstab für die mehr oder mindere Güte des Pulvers gibt.
- c) Endlich noch die Zeit von der Berstung der Calotte bis zum Auffallen des letzten Körpers auf den Erdboden.

8) Weil die Beobachtung der Zeit nicht immer mit der gehörigen Verlässlichkeit geschehen könnte, so muss man an zwei verschiedenen Orten, deren Entfernung und Höhenunterschied von dem Stosspunkte der Mine vorher gefunden wurde, wenigstens die Höhe der Minengarbe zu erhalten trachten, wonach die anfängliche Geschwindigkeit der Garbe, oder die Heftigkeit des Auswurfes beurtheilt wird.

9) Für Probeminen soll die Minenkammer nicht an der Stirne angelegt werden; erheischen es aber dennoch die Umstände, dass keine andere Anlage möglich wird, oder dass grössere Uebelstände durch die Anlage der Kammer an den Seiten der Galerie sich ergäben, so muss man sie ganz, oder wenigstens zur Halbscheide ihrer Höhe, unter die Sohle der Galerie versenken. Man wird den 7. und 8. Punkt weiter ausführen.

§. 46.

Die bei dem 7. Punkt a, b, c angegebenen Zeiträume beobachtet man am leichtesten und verlässlichsten durch eine Sekunden-Uhr. In Ermangelung dieser wird ein einfaches Sekundenpendel

dazu dienen. Dieses Pendel erhält 3' 0" 8", 562 zur Länge von seinem festen Punkt bis zum Mittelpunkt der Schwere des ganzen Pendels, welchen man füglich in der Mitte einer Bleikugel annehmen kann. Diese Bleikugel muss vollkommen glatt und rund und nach ihrem Durchmesser durchbohrt sein, welche Bohrung für einen feinen gut ausgelegten Seidenfaden, oder feinen biegsamen Messingdraht dient, um diese Bleikugel an einen glatten runden Nagel auf obige Länge aufzuhängen, und welche man zur Beobachtung der Zeit vor der Zündung der Mine in kleine Schwingungen versetzt.

§. 47. (Fig. 12. Taf. I.)

Die Beobachtung der Höhe, welche die Minengarbe erreicht, geschieht der Controle wegen, ausserhalb des muthmasslichen Ertrages der Steine oder anderer Körper mittelst vertikal aufgestellten Winkelmessers nach den Regeln der Geometrie. In Ermangelung desselben dient die für diesen Zweck hinlänglich genaue und einfache Vorrichtung. Man gräbt nämlich Fig. 12 einen 3 bis 4 Zoll dicken vierkantig abgearbeiteten Pflock A von beiläufig 5' 6" Höhe vertikal ein, so zwar, dass die eine Seitenfläche nach der Mitte der Mine oder nach dem Stosspunkt gerichtet ist. Auf der Höhe von 3' 6" bis 4' wird ein runder Nagel angebracht, um welchen sich eine bewegliche gleich und gerade gehobelte Latte B dergestalt bewegt, dass die Reibung sie in jeder erforderlichen Lage in ihrer Richtung erhält. In einer angemessenen Entfernung von diesem Pflock A, z. B. auf 1 Klafter oder 10 Fuss, wird ein anderer eben solcher, nur höherer Pflock C ebenfalls vertikal und in der Linie zwischen dem Pflock A und dem Stosspunkt der Mine eingegraben. Nun richtet man die Latte B genau horizontal auf den Pflock C nach der Linie DE, und bemerkt allda den Punkt F, theilt von diesem Punkt aufwärts, und nach Erforderniss auch abwärts, die rechts- und linksseitige Seitenfläche von Zoll zu Zoll, oder von $1\frac{1}{2}$ zu $1\frac{1}{2}$ Zoll in gleiche Theile, durchbohrt sie an den Punkten und steckt runde Bolzen durch, so kann man, den steigenden Körpern bis zu ihrer höchsten Höhe mit der Latte B folgend, den Punkt G oder den Bolzen daselbst beobachten, und eben so wie mit dem Winkelmesser nach den Regeln der Geometrie die Höhe der Minengarbe finden-

§. 48.

Jeder Körper, der mit einer Kraft in die Höhe getrieben wird, verliert durch die Wirkung der Schwere immerfort und gleichförmig an der Kraft zu steigen. Hat der Körper den höchsten oder den Culminationspunkt erreicht, so ist in diesem Augenblick die Wirkung der Schwere der Kraft zu steigen gleich, daher beide Kräfte im Gleichgewicht, und die Bewegung ist gleich Null.

Dieser Culminationspunkt ist derjenige Punkt, von welchem die gleichförmig beschleunigte Bewegung, sowohl wenn der bewegte Körper im Steigen als auch im Fallen begriffen ist, gerechnet werden muss.

Weil aber die Schwere unausgesetzt auf den geworfenen Körper fortwirkt, so wird er mit eben der gleichförmig beschleunigten Bewegung abwärts fallen, als er mit der abnehmenden Kraft aufwärts gestiegen, und bei seinem Falle, wenn der Punkt des Aufsteigens mit jenem des Niederfallens gleich hoch ist und der Luftwiderstand ausser Acht gelassen wird, am letzteren Punkte mit eben der Geschwindigkeit anlangen, welche er im Anfange seiner Bewegung erhalten hatte.

Beobachtet man daher die Zeit z' des in die Höhe getriebenen Körpers von dem Anfange seiner Bewegung bis zu dessen Fall, so wird die Hälfte davon oder $\frac{z'}{2} = z$ diejenige sein, welche er zum Steigen, und die andere jene, welche er zum Fallen benöthigte.

§. 49.

Aus der Erfahrung ist bekannt, dass ein Körper, welchem die Luft kein beträchtliches Hinderniss entgegenstellt, in der ersten Sekunde 15,098 oder 15',1 fällt. Daher wird nach den Regeln der Mechanik und Physik der Körper am Ende der ersten Sekunde eine Geschwindigkeit von 2 oder 30',2 = p erlangt haben.

Hat man nun die Zeit z' beobachtet, welche eine Minengarbe von dem Augenblicke der Explosion bis zum Fall des letzten Körpers nöthig hatte, so wird die Geschwindigkeit g im ersten und letzten Augenblick, oder die Anfangs- und Endgeschwindigkeit $g = pz$ *).

*) Gerlach und Vega's Mechanik.

Wurde z. B. die Steigung und der Fall einer Minengarbe von 6 Sekunden beobachtet, so wird die Hälfte davon oder $z = 3$ Sekunden, daher $g = pz = 30,2 \times 3 = 90',6$ in der ersten und sechsten Sekunde der Raum oder die Geschwindigkeit sein, welche der ausgeworfene Körper durchlaufen hatte.

Eben so kann der Raum r oder die Höhe, welche die Minengarbe erreicht, aus der Zeit gefunden werden, welche der Körper von der Explosion der Mine bis zu ihrem Niederfallen bedürfte.

Es sei diese Zeit 6 Sekunden, so wird nach den Regeln der Mechanik $r = \frac{p}{2} \times z^2 = 15,1 \times 9 = 135',9$ oder 136' die Höhe der Minengarbe sein.

Wurde nun die Höhe der Minengarbe 300' beobachtet, so kann man wieder die Zeit finden, welche von der Explosion bis zum Fall nöthig war; denn aus Vorigem ist:

$$z = \sqrt{\frac{2r}{p}} = \sqrt{\frac{r}{\frac{1}{2}p}} = \sqrt{\frac{300}{15,1}} =$$

= nahe $4\frac{1}{2}$ Sekunden für die Steigung und eben so viel für den Fall; mithin wird die Minengarbe, welche 300' hoch steigt, von dem Augenblicke der Explosion bis zum Ende des Falles 9 Sekunden bedürfen.

§. 50.

Diese Regeln sind strenge genommen nur für die vertikal steigenden und fallenden Körper und bei gänzlicher Ausserachtlassung des Luftwiderstandes richtig. Allein da einerseits eine unbedeutende Abweichung bei den Minen nicht viel auf sich hat, und jene Körper, welche nahe an der W. L. liegen, auch von der vertikalen Steigung und höchsten Höhe wenig abweichen, so sind die angeführten Regeln zur Beurtheilung hinlänglich.

§. 51. (Fig. 13. Taf. I.)

Um eine genaue Aufnahme nach der Explosion der Mine bewirken zu können, schlägt man Fig. 13 auf angemessene Entfernungen ausserhalb des zu erwartenden Trichters und seines Ringes 8 oder mehrere Pflöcke dergestalt ein, dass die durch jede zwei gegenüberstehenden Pflöcke 1, 5; 2, 6 u. s. f. gebildeten Linien durch den Stosspunkt 0 gehen, und alle Winkel 1, 0, 2; 2, 0, 3 u. s. f. gleich sind.

Ist die Explosion vorüber, so werden die früher abgenommenen Schnüre 1, 5; 8, 4; 7, 3 u. s. f. wieder horizontal gespannt, die Längen von dem Stosspunkt 0 bis an den Trichterrand gemessen, die Tiefen von der bekannten Horizontalebene, in welcher sämtliche Schnüre gespannt sind, abgesenkt und aufgenommen.

Um den Umfang des Explosionstrichters möglichst genau aufzufinden, wird die lockere rückgefallene Erde in der Richtung der Strahlen 0, 1; 0, 2 u. s. f. behutsam mit der Schaufel bis auf die feste Erdoberfläche weggenommen, und sodann werden die Seiten des Trichters mit einem stumpfen Besen von eben dieser rückgefallenen Erde abgekehrt, bis man an die feste Wand gelangt. Dies Verfahren ist leichter beschrieben wie ausgeführt, und es gehört viel Uebung dazu, um verlässlich beurtheilen zu können, bis wohin die Erde weggenommen werden soll. Nimmt man zu wenig Erde weg, so wird der Trichter kleiner, und die Pulverladung zu gering erscheinen, ungeachtet sie gehörig sein kann; umgekehrt ist es, wenn zu viel Erde weggenommen wird. Indessen scheint eine zu grosse Aengstlichkeit bei der Aufsuchung des Trichterumfanges gerade nicht nothwendig; wenn bei kleinen W. Linien die Abweichung des Trichterdurchmessers bei zweifacher Aufsuchung desselben nicht mehr wie 3 bis 6 Zoll, und bei grössern W. L. nicht mehr wie 12 Zoll beträgt, so kann man zufrieden sein.

Die Controle oder eigentlich die Abweichung des Trichterumfanges und dessen Durchmesser wird erhalten, wenn die durch die Schnüre bestimmten Winkel annoch halbirt werden, und man den Umfang von einem andern Mineur-Officier, der von der Messung des ersten keine Kenntniss hat, abermals aufnehmen lässt.

§. 52.

Nach diesen Beobachtungen und Erhebungen sind dem Mineur die Mittel an die Hand gegeben, die oberirdische Wirkung der Probeminen zu beurtheilen. Aus dem Trichterdurch- oder Halbmesser beurtheilt er die gehörige oder nicht gehörige Pulverladung; aus der mehr oder mindern Zeit, welche die Calotte bedarf sich zu bilden und zu bersten, wird er die Schnelligkeit der Entzündbarkeit und die Güte des Pulvers beurtheilen.

Die anfängliche Geschwindigkeit, die Höhe der Garbe, die Tiefe des rückgelassenen Trichters u. s. w. sind zur Vergleichung und Beurtheilung des endlichen Zweckes der Mine nothwendig.

§. 53.

Sind unterirdische Gegenstände, wie Galerien, hohle Räume und dergl. zu zerstören, so ist ihre genaue Lage gegen den Mittelpunkt der Pulverladung, das ist: ihre Entfernung, Höhe und Tiefe, ober- oder unterhalb derselben, ob sie der Kammer die Flanke oder Stirne bieten, oder eine Lage zwischen beiden haben, genau aufzunehmen und anzugeben.

Nach der Explosion der Mine: ob und wie viel von diesen hohlen Räumen von der Entfernung ihres Stosspunktes (bestimmt durch die kürzeste W. L. der Kammer bis zum hohlen Raum) gänzlich eingestürzt, welcher Theil gefährlich beschädigt und nicht ohne Gefahr zu passiren ist, welcher ausgebaucht und gespalten wurde, muss auf das Genaueste erhoben werden. Hat die Mine der beabsichtigten Wirkung entsprochen, so kann man sich mit einer Probemine behelfen; ist es aber thunlich, so muss man noch eine zweite nach denselben Grundsätzen in einer andern Tiefe anlegen und die Resultate vergleichen.

§. 54.

Endlich kommt noch zu berücksichtigen, dass man für eine und dieselbe Mine nicht zu viele Galerien, wenigstens nicht in zu beträchtlich verschiedenen Entfernungen von der Ladung anlegt, indem die Wirkung der Mine sich den näher liegenden Galerien früher mittheilt, somit ein Theil der Pulverkraft für die Entfernteren schon verbraucht, oder in dem Nähern schon verloren gegangen ist, bevor sie zu jenen gelangt oder gelangen kann; wonach auch die darauf gebauten Schlussfolgerungen nur unverlässlich sein können.

Gleichseitige Minen.

§. 55.

Bei derselben Pulverladung erzeugen die gleichseitigen Minen die grösste Wirkung. Sie

werden daher in der Regel in Anwendung kommen, wo unter gleichen Umständen es sich darum handelt: mit dem mindesten Pulveraufwand die beab-

sichtigsten Resultate zu erreichen, wie namentlich die Zerstörung der oberirdischen feindlichen Angriffswerke des Belagerers und dgl. — Diese angeführte Eigenschaft der gleichseitigen Minen, so wie jene: dass dieselbe Pulverladung nur einer einzigen W. L. entspricht, oder was dasselbe ist, dass zu jeder W. L. nur eine einzige Pulverladung die gerechte ist, um eine gleichseitige Mine zu erzeugen, machen sie besonders geeignet, die Entfernungen der Vertheidigungsgalerien voneinander dergestalt zu bestimmen, damit bei der grössten Wirkung und der kleinsten Pulverladung die eigenen Galerien von den eigenen Oefen nicht eingestürzt werden. Hierzu kommt noch der wesentliche Umstand, dass die Pulverladungen und ihre Wirkungen für die gleichseitigen Minen mehr wie bei den andern Minengattungen durch die Erfahrungen erhoben und bestimmt sind.

Die gleichseitigen Minen eignen sich daher besonders für die Vertheidigung.

§. 56.

Wie bereits erwähnt wurde, so können die Minenladungen nach zweierlei Methoden berechnet werden, nämlich: indem man 1) die Figur des Explosionskörpers gänzlich ausser Acht lässt, oder 2) dem Explosionskörper eine bestimmte Form beilegt.

Man trägt zuerst die Ladungsberechnungen nach der Form des Explosionskörpers vor, und zwar aus der Ursache: weil die verfassten und brauchbarsten Ladungstafeln danach berechnet sind, die zur Vervollständigung jener Ladungstafeln dienen, wobei die Form des Explosionskörpers ausser Acht gelassen ist, und die zur Bestimmung der Ladungen für die verschiedenen Medien nothwendig sind.

§. 57. (Fig. 10. Taf. I.)

Vauban nahm zu seinen Ladungsberechnungen die Form des ganzen Kegels an, an dessen nach unten gelegener Spitze der Mittelpunkt des Ofens und die kreisförmige Trichterfläche auf der Oberfläche des Erdreichs oder des Mediums liegen.

Belidor gab dem Explosionskörper die Form eines unter dem Ofen abgerundeten Kegels, aus Ursache, weil der Ofen auch nach unten wirke.

Valiere setzte den Explosionskörper der Paraboloiden gleich, deren Grundfläche der obere

Trichterkreis, und deren Brennpunkt im Mittelpunkt des Ofens liegt.

Gumpertz und Lebrun nahmen zwar dieselbe Form der Paraboloiden an, jedoch an dem Brennpunkt oder dem Mittelpunkt des Ofens abgeschnitten, indem sie der Ansicht sind, dass das unter dem Ofen befindliche Medium zwar zusammengedrückt, aber nicht ausgeworfen wird, mithin auch nicht in Rechnung zu bringen sei. Sie vereinfachten die Berechnung nach der Paraboloiden und setzten anstatt dieser den abgeschnittenen rechten Kegel, Fig. 10, wovon der Halbmesser des obern Kreises der W. L. W., und der Halbmesser des untern durch den Ofen gehenden Kreises der Hälfte der W. L. $\frac{R}{2}$ gleich ist. Sie zeigten durch ihre Berechnung, dass die Form der also gestutzten Paraboloiden von jener des gestutzten Kegels in ihrem Kubikmass so unbedeutend abweicht, dass dieser geringe Unterschied in der Ausübung gänzlich ausser Acht gelassen werden kann.

Man wird die Berechnung nach der Form des Explosionskörpers nur nach Gumpertz und Lebrun durchführen, da, wie später gezeigt werden wird, es ganz einerlei sei, welche Form man dafür annimmt, wenn nur die Berechnung der Ladung für die Einheit, nach welcher der körperliche Inhalt gesucht, vorher gefunden, angezeigt wird.

Nach den benannten Schriftstellern stellt sich die Berechnung für die gestutzte Paraboloiden und für den abgeschnittenen Kegel zur Ermittlung ihres Unterschiedes wie folgt:

§. 58. (Fig. 14, 15. Taf. I)

Man findet Fig. 14 die gestutzte Paraboloiden 1, 7, 9, 10, 8, 2, wenn man von der ganzen Paraboloiden die kleinern 9, 6, 10 abzieht.

Nach den Eigenschaften der Parabel ist $0,6 = \frac{p}{4}$; $0,9 = 0,10 = \frac{p}{2}$; $3,6 = x$; $x = W + \frac{p}{4}$; und weil $W = R$, so ist:

$$\begin{aligned} W^2 &= px; \quad \frac{p}{4} = x - W; \quad p = 4x - 4W; \quad \text{und} \\ 4x^2 &= W^2 + 4Wx \\ x^2 &= \frac{W^2}{4} + Wx \\ x &= \frac{W}{2} \pm \sqrt{\frac{W^2}{4} + \frac{W^2}{4}} \end{aligned}$$

Halbirt man daher die W. L. 0,3 in 11, trägt $\frac{W}{2}$ von 0 nach 5, so wird die Hypothenuse $5,11 + 53 = x$.

Beschreibt man aus 11 mit der Hypothenuse einen Bogen bis er die verlängerte W. L. in 6 schneidet, so ist $3,6 = x$, und $0,6 = \frac{p}{4}$, und eben so $0,9$ und $0,10 = \frac{p}{2}$.

Setzt man die Gleichung

$$x \pm \sqrt{\frac{W^2}{4} + \frac{W^2}{4}}$$

zu ihrer Auflösung in Zahlen weiter fort, so erhält man:

$$x = \frac{W}{2} \pm \sqrt{\frac{2W^2}{4}} = \frac{W}{2} \pm \frac{W}{2} \sqrt{2} \text{ oder}$$

$$x = W \left(\frac{1 \pm \sqrt{2}}{2} \right) = \frac{W}{2} (1 \pm \sqrt{2}).$$

Nimmt man das Verhältniss des Durchmessers zum Umfange π , so wird der Kreis des Trichterdurchmessers $1,2 = \pi R^2$, und da die Paraboloid die Hälfte des ihr umschriebenen Cylinders ist, so wird ihr körperlicher Inhalt $= \frac{\pi W^2 x}{2}$.

Setzt man für x den Werth $\frac{W}{2} (1 \pm \sqrt{2})$, so wird:

$$\frac{\pi W^2 x}{2} = W \left(\frac{1 \pm \sqrt{2}}{2} \right) \left(\frac{\pi W^2}{2} \right)$$

daher der körperliche Inhalt der Paraboloid

$$= \frac{\pi W^3}{4} (1 \pm \sqrt{2}); \text{ und}$$

anstatt der Zahl 2 einen Bruch, von welchem die Wurzel sowohl aus dem Zähler als dem Nenner in ganzer Zahl genau oder sehr nahe ausgezogen werden kann, nämlich $\frac{288}{144}$, so wird $\sqrt{2} = \sqrt{\frac{288}{144}} = \frac{17}{12}$.

Nimmt man $\pi = 7:22$ an und vollführt die Rechnung, indem man den Trichterkreis mit $\frac{x}{2}$ multiplicirt, so wird der körperliche Inhalt der Paraboloid $1,7,6,8,2 = 1,898 W^3$.

Indem von der kleinern Paraboloid 9,6,10 der Halbmesser 0,9 oder 0,10 seiner Grundfläche $= \frac{p}{2}$ und die Höhe $0,6 = \frac{p}{4}$ bekannt sind, so findet man auf dieselbe Art den körperlichen Inhalt dieser kleinen Paraboloid $= 0,055 W^3$; und zieht man von dem körperlichen Inhalt der grossen Paraboloid $= 1,898$ jenen der kleinern Paraboloid ab mit 0,055, so erhält man:

$1,843 W^3$ für die gestutzte Paraboloid 1,7,9,10,8,2;

Vernachlässiget man $\frac{1}{1000}$, so wird anstatt $1,843 W^3$ der Werth von $\frac{184}{100} W^3 = \frac{46}{25} W^3$ entfallen.

Daher ist die gestutzte Paraboloid, deren Trichterhalbmesser der W. L. gleich ist, der $\frac{46}{25}$ Theil von dem Würfel der W. L.

Suche man nun Fig. 15 den körperlichen Inhalt des rechten Kegels, welcher mit seiner Grundfläche senkrecht auf die Achse dergestalt abgeschnitten wird, dass der Halbmesser 0,4 des kleinen Kegels $r = \frac{R}{2}$ ist.

Weil die zwei Kegel 1,6,2 und 5,6,4 ähnlich sind, so verhalten sie sich wie die Würfel ihrer Höhen, und da $W = w$, so wird die Höhe des grossen Kegels $1,6,2 = 2w$ oder $2W$; mithin verhält sich:

$$5,6,4; 1,6,2 = 1^3 : 2^3 = 1 : 8.$$

Daher ist der kleine Kegel 5,6,4 der achte Theil des grossen 1,6,2, und der gestutzte Kegel 1,5,4,2 $= 1 - \frac{1}{8} = \frac{7}{8}$ des ganzen Kegels, der nach obiger Angabe construirt ist.

Weil $W = R$, so ist der körperliche Inhalt des ganzen Kegels $1,6,2 = \pi R^2 \times \frac{2}{3} R = \pi \frac{2}{3} R^3$; und der gestutzte Kegel $1,5,4,2 = \pi \frac{2}{3} R^3 \times \frac{7}{8} = \pi \times \frac{7}{12} R^3$.

Setzt man für π das Verhältniss 7:22, so wird $\frac{22}{7} \times \frac{7}{12} R^3 = \frac{11}{6} R^3$, oder auch $\frac{11}{6} W^3$.

Daher ist der körperliche Inhalt des als gestutzten Kegel angenommenen Explosionskörpers, dessen Trichterhalbmesser der W. L. und der Durchmesser des untern kleinen Kreises, welcher senkrecht auf die Achse durch den Mittelpunkt des Ofens geht und der Hälfte des Trichterhalbmessers gleich ist, $= \frac{11}{6}$ von dem Würfel, welcher zur Seite den Trichterhalbmesser oder die W. L. hat.

Nennt man die gestutzte Paraboloid Q und den nach Vorigem construirten gestutzten Kegel C, so verhält sich:

$$Q:C = \frac{46}{25} W^3 : \frac{11}{6} W^3$$

$$Q:C = \frac{276}{125} : \frac{275}{125} \text{ und}$$

$$Q:C = 276:275.$$

Folglich ist die abgestutzte Paraboloid nur um $\frac{1}{275}$ grösser wie der entsprechende abgestutzte rechte Kegel, und letzterer kann in der Ausübung ohne Anstand statt jener angenommen werden.

Um nun die verlangte Pulverladung für den Explosionskörper der gegebenen Widerstandslinie W zu erhalten, ist dessen körperlicher Inhalt von $\frac{11}{6} W^3$ annoch mit der Einheit P der Ladung,

welche nach den Versuchen und Erfahrungen der eigenthümlichen Schwere in Verbindung der Festigkeit u. s. f. entspricht, für jede Erdgattung und jedes Medium zu multipliciren, wonach die Ladungsformel nach der Theorie des gestutzten Kegels sein wird:

$$L = \frac{1}{6} W^3 P.$$

Als Einheit wird die Fortifications-Kubikklafter angenommen. Für die verschiedenen Medien P sind mehrere auf Erfahrungen sich fussende Tabellen vorhanden, die im Wesentlichen wenig voneinander abweichen. Man wählt hier jene nach Gumpertz und Lebrun, die als eine der brauchbarsten anerkannt ist. Nachdem die Einheit, nach welcher der Explosionskörper gemessen wird, in Kubikklaftern, die W. L. aber in Fuss ausgedrückt

wird, so kommt die Formel $\frac{1}{6} W^3 P$ annoch durch 216 zu dividiren; sie gestaltet sich demnach in diese:

$$L = \frac{\frac{1}{6} W^3 P}{216};$$

und da die alt französische Klafter (Toise) die der k. k. Fortification und des Mineur-Corps ist, so wird nur zur leichtern Uebersicht das französische Gewicht der bezüglichen Medien und ihrer Pulverladungen auf das Wiener Gewicht beigelegt, indem diese Reduction leicht vorgenommen werden kann, da 8 französische 7 Wiener Pfunden gleich sind, mithin nur der achte Theil vom französischen Gewicht abgezogen werden darf, um das entsprechende Wiener Gewicht zu erhalten. Hier folgt die

§. 59.

Ladungstabelle I

nach Gumpertz und Lebrun für 1 Kubikklafter der verschiedenen Erdarten und des Mauerwerks:

Nr.	Erdgattungen.	Gewicht von 1 Kubik - Fuss		Ladung 1 Kub.-Klafter nach		Gewicht von 1 Kubik - Fuss		Ladung 1 Kub.-Klafter nach	
		alt französischem Gewicht.		Wiener Gewicht.					
		Pfund	Loth	Pfund	Loth	Pfund	Loth	Pfund	Loth
1	Gewöhnliche Erde (Dammerde)	95	—	13	16	83	4	11	26
2	Grober Sand	124	—	15	—	108	16	13	4
3	Grobe mit Sand gemischte Erde	130	—	12	—	113	24	10	16
4	Feuchter Sand	132	—	15	24	115	16	13	25
5	Mit grossen Steinen gemischte Erde	133	—	16	28	116	12	14	24,5
6	Mit Tufstein gemischte Thonerde	139	—	18	18	121	20	16	7,75
7	Fette mit Kies gemischte Erde	160	—	20	8	140	—	17	23
8	Felsen	160	—	27	—	140	—	23	20
Mauergattungen.									
9	Neues oder feuchtes altes Mauerwerk	—	—	15—16	—	—	—	13—14	—
10	Gewöhnliches Mauerwerk mittlerer Güte	—	—	18—19	—	—	—	15—16	24—20
11	Neues sehr gutes Mauerwerk	—	—	27	—	—	—	23	20
12	Altes Mauerwerk derselben Gattung	—	—	30	—	—	—	26	8
13	Römisches oder eben so festes Mauerwerk	—	—	35	—	—	—	30	20

§. 60.

Es wird die Bemerkung beigelegt: „Obwohl die grobe mit Sand gemischte Erde Nr. 3 schwerer wie die gewöhnliche Erde Nr. 1 und der grobe Sand Nr. 2 ist, so benöthiget sie dennoch weniger Pulverladung, weil selbe weniger zähe ist.“

Man muss besonders bemerken, dass die französischen Mineure unter der gewöhnlichen Erde nicht diejenige Nr. 1, sondern jene Nr. 3 verstehen, indem sie sich des Ausdrucks bedienen: „Eine gewöhnliche Erde, welche 12 Pfd.

Pulver zur Ladung auf die Kubikklafter erfordert.“

Mouzé sagt ausdrücklich in seinen Ladungsbestimmungen „gewöhnliche Erde mit grobem Sande und Kies gemischt“ und nahm für die zugehörige Ladung zur W. L. von 3,25 Metres oder 10'; 50 Kilogr. Pulver an, welche etwas mehr wie 100 Pfd. alt französisches Gewicht sind, denn da 1 Kilogramm = 2,043 Pfd., so wird 1 Pfd. = $\frac{1}{2,043}$; 100 Pfd. = $\frac{100}{2,043} = 48,94$ Kilogr., somit der Unterschied in

den Rechnungen nach Kilogrammen und alt französischen Pfunden = 50 — 48,94 = 1,06 Kilogrammen; ein Unterschied, welcher in der Ausübung für die Wirkung der Minen keinen Einfluss hat, die Rechnung nach dem neuen französischen Decimalgewichte aber abkürzt und erleichtert, und ohne Zweifel auch deshalb angenommen wurde.

§. 61.

Man ist nun in Stand gesetzt, die gemässen Pulverladungen der gleichseitigen Minen nach der Theorie des gestutzten Kegels für die in der Tabelle I. enthaltenen Medien mit Verlässlichkeit zu bestimmen.

Führt man die Berechnung für ein gegebenes Medium, z. B. für gewöhnliche Erde, von der mindesten W. L. von 6' bis zur angenommenen grössten von 49' von Fuss zu Fuss aus, so erhält man

eine Uebersichtstabelle für diese Erdgattung, nach welcher mit Zuhilfnahme der Tabelle I. auch die Ladungen für die andern darin angeführten Medien durch eine einfache Proportion leicht aufgefunden werden können, denn nach dem Früheren verhält sich:

$$L : l = W^3 P : w^3 p.$$

und bei gleichen Widerstandslinien:

$$L : l = P : p.$$

Eine dergestalt verfasste Tabelle für die verschiedenen Widerstandslinien ist sehr bequem, um alsogleich, ohne sich lange mit der Rechnung aufzuhalten, die Pulverladungen für die W. L., und die W. L. nach den Pulverladungen aufzufinden.

Nimmt man in die Tabelle II. noch das neue französische Mass und das neue französische Gewicht mit auf, so erhält sie eine grössere Brauchbarkeit.

§. 62.

Ladungstabelle II.

für gleichseitige Minen, welche 12 Pfund Pulver alt französisches Gewicht oder 10½ Pfund Wiener Gewicht nach der Theorie des gestutzten Kegels auf die Kubik-Klafter erfordern.

Widerstandslinien.			Pulverladungen.			Widerstandslinien.			Pulverladungen.		
Mass			Gewicht			Mass			Gewicht		
alt franz. o. Fortific.	neu französische		alt französische	neu französische	Wiener	alt franz. o. Fortificat.	neu französische		alt französische	neu französische	Wiener
Fuss	Metres		Pfund	Kilograms	Pfund	Fuss	Metres		Pfund	Kilograms	Pfund
6	1,95		22	10,78	19,25	24	7,80		1384	690,17	1232
7	2,27		35	17,16	30,64	25	8,12		1591	783,82	1392,12
8	2,60		52	25,49	45,5	26	8,45		1790	877,45	1566,25
9	2,90		74	36,27	64,75	27	8,77		205	982,08	1754,38
10	3,25		102	50,00	87,50	28	9,10		2235	1095,58	1955,6
11	3,57		135	66,17	118,12	29	9,42		2482	1216,66	2171,75
12	3,90		176	86,76	154	30	9,75		2750	1304,04	2406,25
13	4,22		224	109,80	196	31	10,07		3033	1486,76	2653,85
14	4,55		279	136,76	244,12	32	10,40		3337	1536,78	2919,5
15	4,80		349	186,62	301	33	10,72		3660	1794,11	3202,75
16	5,20		417	204,41	364,9	34	11,05		4002	1961,76	3501,5
17	5,52		500	245,10	437,5	35	11,77		4364	2139,21	3118
18	5,85		594	291,17	519,75	36	12,10		4772	2332,80	4463
19	6,17		698	342,15	610,75	37	12,42		5072	2532,65	4509
20	6,30		815	398,56	713,12	38	13,15		5496	2743,60	4885
21	6,82		943	462,00	825,12	39	13,47		5939	2965,95	5279
22	7,15		1084	531,37	948,5	40	14,20		6403	3200,00	5696
23	7,47		1238	603,86	1083,25	41	14,32		7020	3436,12	6142

Wäre nun z. B. nach dieser Tabelle II. die Pulverladung zu einer Widerstandslinie von 15' in Wiener Gewicht zu finden, welche nach Tabelle I. 15,75 Pfund W. G. auf die Kubik-Klafter erfordert, so verhält sich nach Vorigem:

Minenlehre II.

$$L : l = P : p.$$

$$301 : l = 10,5 : 15,75$$

$$l = \frac{301 \times 15,75}{10,5} = 451 \text{ Pfund}$$

W. G. beinahe.

§. 63.

Man kommt nun zu den Berechnungen, nach welchen die Trichterform oder die Figur des Explosionskörpers gänzlich ausser Acht gelassen wird.

Der Grundsatz, auf welchen sich diese Berechnungen beziehen, ist jener: dass die Explosionskörper ähnlicher Minen, somit auch die gleichseitigen, sich wie die Würfel der Widerstandslinien verhalten.

Ist nun durch die Erfahrung die Pulverladung für eine W. L. erhoben, so kann sie auch für jede andere W. L. in derselben Erdgattung gefunden werden.

Diesem Grundsatz tritt General Schröder entgegen, indem nach seiner Behauptung, wie bereits erwähnt, kleine Widerstandslinien grössere, und grössere W. Linien kleinere Pulverladungen, als die Würfel der Widerstandslinien angeben, erfordern.

Gerade die entgegengesetzte Ansicht wird wieder von Andern aufgestellt, indem nach ihrer Meinung die tiefern Erdschichten durch die obern mehr zusammengedrückt, mithin fester und schwerer werden, also auch mehr Pulver zur Ladung bedürfen.

Es würde zu weit führen, beide Ansichten zu erörtern, über welche endlich dennoch nur die Erfahrung entscheiden könnte. Es müssten demnach, um ganz verlässliche Resultate zu erhalten, die Versuche in jeder W. L. ausgeführt werden, was nicht wohl thunlich, auch nicht nothwendig ist.

Schröder begnügt sich mit zwei Versuchen, die Ladungen der Minen in der mindesten und in der grössten Tiefe, unter welchen sie gewöhnlich angelegt werden, zu erheben, und bestimmt die inzwischen liegenden Ladungen mittelst Reihen, wobei er auch ohige Regel: „dass die Pulverladungen sich wie die Würfel der Widerstandslinien verhalten,“ adoptirt. Durch das Verfahren, anstatt einer einzigen Probemine deren zwei zur Grundlage seiner Berechnung anzunehmen und danach die Zwischenladungen zu finden, gewinnt diese Berechnung, wenn sie regelrecht auf die zwei wirklich erhobenen Ladungen unter verschiedenen Widerstandslinien beruht, unstrittig mehr an Verlässlichkeit, wie jene, die sich nur auf eine Probemine gründet.

Das Verfahren mittelst zweier Probeminen un-

ter der kleinsten und grössten W. L. die Ladungen der inzwischen liegenden Widerstandslinien zu bestimmen, nannte Schröder die Ladungsberechnung mittelst Annäherung; wohl einsehend, dass sie zwar keine vollkommene Genauigkeit, aber dennoch für die Ausführung hinlänglich verlässliche Ladungen ergibt.

Nach diesem praktischen Vorgange durch zwei Probeminen in verschiedener Tiefe würden auch die oben angeführten Gegensätze ihre Erledigung finden.

§. 64.

Schröder gibt seine Ladungsberechnung, aus welcher man nur das Wesentliche anführt, folgendermassen:

Sind die Anzahl der Tiefen der Minen, zu welchen die Ladungen gefunden werden sollen, oder die Glieder der Progression $= n$; das erste Glied oder die kleinste Ladung $= a^3$; das letzte Glied oder die grösste Ladung $= b^3$; und die gesuchten zwischen a^3 und $b^3 = x^3, y^3, z^3 \dots b^3$ u. s. f., so sind die Ladungen in folgender Reihe enthalten:

$$1) a^3, x^3, y^3, z^3 \dots b^3.$$

und die arithmetische Reihe der Kubikwurzeln:

$$2) a, x, y, z \dots b.$$

Setzt man den unbekannten Unterschied der Reihe $2) = v$, so wird:

$$3) b = a + (n - 1) v; \text{ folglich } v = \frac{b - a}{n - 1}$$

woraus die Glieder $x, y, z \dots$ gefunden werden, die zur 3. Potenz erhoben die verlangten Ladungen geben.

Will man z. B. in einem gewissen gleichartigen Erdreich die Ladungen der gleichseitigen Minen finden, deren W. Linien 8', 16', 24', 32', 40' sind, und hätte gefunden, dass die erste Probemine von 8' W. L. 40 Pfd. und die letzte von 40' W. L. 4000 Pfd. Pulver erfordert hätte, um gleichseitige Minen zu tagen, so ist $a^3 = 40$ Pfd.; $b^3 = 4000$ Pfd. und $n = 5$.

Zieht man die Kubikwurzel aus, so wird:

$$a = \sqrt[3]{40} = 3,41995; \text{ angenommen für } 3,42$$

$$b = \sqrt[3]{4000} = 15,874;$$

Der Unterschied der Glieder:

$$v = \frac{b - a}{n - 1} = \frac{12,454}{4} = 3,1135;$$

$$\begin{aligned}x &= a + v = 3,420 + 3,1135 = 6,5335 \\y &= x + v = 6,5335 + 3,1135 = 9,6470 \\z &= y + v = 12,7640 + 3,1135 = 12,7605\end{aligned}$$

Zur Rectification:

$$b = z + v = 12,7605 + 3,1135 = 15,874$$

welche Zahl die Kubikwurzel von 4000 ist.

Erhebt man die Werthe für x , y und z zur dritten Potenz, so erhält man die Pulverladungen für:

$$\begin{aligned}x^3 &\text{ für die W. L. von } 16' = 278,89 \text{ Pfunde} \\y^3 &- - - - - 24' = 897,75 - \\z^3 &- - - - - 32' = 2077,76 -\end{aligned}$$

Sind nun die Pulverladungen von 8' zu 8' bis 40' W. L. bestimmt, so können wieder jene der inzwischen liegenden Widerstandslinien von Fuss zu Fuss gefunden werden, wenn man es nicht vorzieht, diese Berechnung ohne die Zwischenglieder gleich von vorne hinein von Fuss zu Fuss der Widerstandslinien zu bewerkstelligen.

§. 65.

In der vorbemerkten Berechnungsart Schröder's mittelst zweier Probeminen wurde die erste Ladung für die kürzeste W. L. von 8' mit 40 Pfd. Pulver aus der Erfahrung nach den Versuchen zu Moldau-Thein in den Jahren 1754 und 1755 gezogen. In der Tiefe von 40' W. L. aber setzte Schröder, da ihm zu seiner Zeit keine Erfahrung für eine so grosse W. L. vorlag, 4000 Pfd. Pulverladung fest, nach §. 115 seines Manuscriptes wörtlicher Aeusserung: „In der Tiefe von 40' aber setze ich nach Vergleichung vieler Versuche und dabei vorkommenden Umständen, (dass ich) solche weder heftiger, noch auch merklich „schwächer annehmen kann.“

Wie aus diesem erhellet, ist Schröder bei der Bestimmung seiner Pulverladungen und den danach verfassten Tabellen bei der tiefern Mine von 40' von der selbst empfohlenen Erfahrung abgewichen und hat die Pulverladung von 4000 Pfd. nur nach sehr zu bestreitenden Schlussfolgerungen angenommen, die gegen anderweitige Versuche unstreitig zu schwach ist. Aber selbst die Pulverladung von 40 Pfd. zur W. L. von 8' scheint zu schwach.

Erwägt man, mit welchem Fleisse Schröder die Trichterdurchmesser aufsuchte und nach seiner Angabe oftmals mehr Erde wegnahm als nothwendig war, wobei seine überall sich verkündende Sparsamkeit mit dem Pulver sich wahrnehmen lässt,

so können die von ihm verfassten Ladungstabellen nicht als Norm angenommen werden.

Wenn nun aber auch diese Ladungstabellen zum Gebrauche nicht anzuempfehlen sind, da die danach gegebenen Ladungen immer zu schwach sich zeigten, so kann gegen die Theorie dieser Berechnungsmethode nichts eingewendet werden. Im Uebrigen ist es gerade nicht nothwendig, dass die Pulverladungen in der kleinsten und grössten Tiefe angelegt werden müssen. Sprengt man nur zwei Oefen, deren Widerstandslinien beträchtlich verschieden sind, z. B. von 8' und 20', oder von 10' und 25', so werden die Zwischenglieder wie gezeigt berechnet und zur Fortsetzung der Glieder nach unten v addirt, und zu jenen nach oben v abgezogen.

Es kann diese Ladungs-Berechnung noch eine grössere Vollkommenheit erlangen, wenn zwischen der kleinsten und der grössten W. L. mehrere Oefen, die gleichseitige Minen tagen, gesprengt werden, indem sodann zwischen der ersten und zweiten, zwischen der zweiten und dritten W. L. u. s. f. innerhalb ihrer Gränzen die Ladungen mittelst der Annäherungsmethode gesucht werden, wobei man zugleich erheben kann, nach welchem Gesetze der Reihe die Ladungen für die tiefern Oefen steigen.

§. 66.

Berechnet man nach Schröders Annäherungsmethode und bei der Voraussetzung, dass zur W. L. von 8', 40 Pfd. und zur W. L. von 40', 4000 Pfd. Pulver zur Ladung im gewöhnlichen Erdreich nothwendig wären, um eine gleichseitige Mine zu tagen, so findet man die Ladung für die W. L. von 10' = 73,666 Pfd. Wiener, oder 84,193 Pfd. alt französ. Gewicht.

Nun sprechen aber beinahe alle frühern und gegenwärtigen Versuche dafür, dass in einem gewöhnlichen Erdreiche zur Erzeugung einer gleichseitigen Mine von 10' W. L. 100 Pfd. alt französ. oder $87\frac{1}{2}$ Pfd. Wiener Gewicht erforderlich sind. Zudem ergaben auch die Versuche, welche die Ladungen zu tiefern Widerstandslinien im Verhältniss der Würfel oder $1:l' = w^3 w'^3$ erhielten, so genügende Resultate, dass diese Berechnungsart allgemein angenommen wurde *).

*) Hiedurch dürften auch die oben angeführten entgegengesetzten Ansichten vermittelt, oder vielmehr berichtigt

Diesem zufolge verhält sich im gewöhnlichen Erdreich:

$$w^3 : w'^3 = 1 : 1'$$

$$w^3 : w'^3 = 100 : 1, \text{ und da } w = 100$$

$$1000 : w'^3 = 100 : 1'$$

$$1' = \frac{100 w'^3}{1000} = \frac{w'^3}{10}$$

Erhebt man daher für eine gewöhnliche Erdgattung die gesuchte Ladung zu was immer für eine gegebene W. L., diese W. L. zur dritten Potenz und dividirt sie durch 10, oder schneidet die letzte Ziffer davon ab, so erhält man die zugehörige Ladung im alt französischen Gewichte in gewöhnlichem Erdreiche. Zieht man $\frac{1}{8}$ davon ab, so wird die Ladung nach Wiener Gewicht bestimmt.

Diese einfache und leicht zu bewerkstelligende Berechnung der Minenladung nannte man und nennt sie noch: die Regel der Mineure.

§. 67.

Die Regel der Mineure ist auch auf alle jene Erdgattungen anwendbar, wovon das Verhältniss der gewöhnlichen zu der gesuchten bekannt ist, indem nach Vorhergehendem:

$1 : 1' = w^3 p : w'^3 p' = 1 : 1' = p : p'$ sich verhält, wonach

$$1' = \frac{p'}{p} 1 \text{ wird.}$$

Wäre entweder nach Versuchen, oder nach der Tabelle I. das Verhältniss der Erdgattungen nach Kubikklaftern bekannt, so erhält man z. B. für die Erdgattung Nr. 2, welche 15 Pfd. Pulver auf die Kubikklafter erfordert: $1 : 1' = p : p'$

$$100 : 1' = 12 : 15 = \frac{1500}{12}, \text{ daher}$$

$$1' = 125 \text{ Pfd. französ. oder } 119,38 \text{ Pfd. Wiener Gewicht Pulver,}$$

und eben so wird für jede W. L.

$1 : 1' = w^3 p : w'^3 p'$ die gemässe Pulverladung bestimmt.

Obige Regel der Mineure zur Grundlage nehmend hat Lebrun in seinen später verfassten

werden, nämlich: dass seichtere Minen grössere, und tiefere Minen kleinere Ladungen als die Würfel der Widerstandslinien erfordern; wo anderseits das Entgegengesetzte behauptet wird. Dürfte nicht die bei tiefern Minen durch die vermehrte Hitze der grössern entzündeten Pulvermenge die angeblich grössere Dichte, und Schwere des untern Erdreiches aufgehoben werden?

Handschriften, die nicht in den Buchhandel kamen, dieselbe sowohl für die gleichseitigen als die andern Minengattungen des Weitern ausgeführt, und hierdurch einfachere Berechnungen für die Minenladungen aufgestellt. Boutault, Oberst und Commandant des dritten französischen Genie-Regiments, hat sie in seinem lithographirten Werke *Cours de mines* benützt, wovon das entsprechend Nothwendige gegeben wird.

§. 68.

Nachdem die Ladungen in demselben Mittel (Medium) sich wie die Würfel ihrer Widerstandslinien verhalten, so wird:

$$1 : 1' : 1'' \dots = w^3 : w'^3 : w''^3 \dots \text{ und:}$$

$$\frac{1}{w^3} = \frac{1'}{w'^3} = \frac{1''}{w''^3} = \text{einem beständigen Quotienten sein.}$$

Nennt man diesen beständigen Quotienten g, so ist auch:

$$g = \frac{1}{w^3} = \frac{1'}{w'^3} = \frac{1''}{w''^3} \dots \text{ u. s. f.}$$

Daher kann jede Pulverladung einer gleichseitigen Mine in demselben Mittel durch einen beständigen Coefficienten g in dem Würfel der W. L. ausgedrückt und die zugehörige Ladung gefunden werden, wenn der Coefficient g bestimmt wird.

Nun tagt eine Pulverladung von 100 Pfd. unter einer W. L. von 10' im gewöhnlichen Erdreiche, welches 12 Pfund französ. oder 10,5 Pfd. Pulver Wiener Gewicht auf die Kubikklafter bedarf, eine gleichseitige Mine.

Da nun $w = 10, = 100$, so wird,

$$g = \frac{1}{w^3} = \frac{1000}{100000} = \frac{1}{100} = 0,10.$$

Es verhält sich ferner nach Vorhergehendem:

$$1 : 1' = w^3 p : w'^3 p' \text{ und auch}$$

$$1 : 1' = \frac{w^3 p}{n} : \frac{w'^3 p'}{n}$$

Daher können anstatt der Würfel der Widerstandslinien ihre gleichen Theile gesetzt werden.

Wird $w^3 = w'^3$, oder ihre Widerstandslinien gleich, so sind es auch ihre gleichen Theile, somit auch jene, welche 1 Kubikklafter zum Quotienten geben, und es können anstatt der ganzen Ladungen jene gesetzt werden, die 1 Kubikklafter entsprechen, was die Benützung der Ladungstabelle I

gestattet, allwo die Pulverladungen der verschiedenen Mittel auf die Kubikklafter angegeben sind.

Für gleiche Widerstandslinien folgt aus Obigem:

$$l : l' = p : p' \text{ und } l = \frac{1 p'}{p}$$

Ist daher $l = 100$, $p = 12$, so wird:

$$l' = \frac{100 p'}{12}$$

Soll nun die Pulverladung z. B. zur Erdgattung Nr. 1 in der Ladungstabelle I. gefunden werden, so wird die zu p' gehörige Ladung für 1 Kubikklafter = 13,5 Pfd., daher:

$$l = 1350 : 12 = 112,5 \text{ und}$$

$$g = \frac{112,5}{1000} = 0,1125.$$

Eben so für die Erdgattung unter Nr. 2, welche 15 Pfd. Pulver auf die Kubikklafter erfordert, wird

$$l = \frac{1500}{12} = 125 \text{ Pfd. und}$$

$$g = \frac{125}{1000} = 0,125 \text{ u. s. f.}$$

Nach diesen Bestimmungen kann man die hier folgende Ladungstabelle für den Coefficienten g und für alle jene Mittel bestimmen, wovon entweder die Pulverladungen zur W. L. von 10' oder für 1 Kubikklafter bekannt sind.

§. 69.

Ladungstabelle III.

für den Ladungscoefficienten g der gleichseitigen Minen in verschiedenen Erdgattungen und Mauerwerken, mit Bezugnahme auf die Ladungstabelle I.

Nr.	Angaben der verschiedenen Mittel (Medien).	Gewicht 1 Kubikfusses in	Ladungs-Coefficient $g = \frac{1}{w^3}$ in		
		Wiener	alt franz.	Wiener	
		Pfunden.			
Erdgattungen.					
1	Gewöhnl. Erde (Dammerde)	83	0,1125	0,099	
2	Grober Sand	108,5	0,125	0,109	
3	Grobe Erde gemischt mit Sand und Kies	113,75	0,100	0,0875	
4	Feuchter Sand	115,5	0,131	0,115	
5	Mit grossen Steinen gemischte Erde	116,4	0,141	0,124	
6	Mit Tufstein gemischte Thonerde	121,6	0,154	~~0,141~~	9105
7	Fette mit Kies gemischte Erde	140	0,169	0,148	
8	Felsen	140	0,225	0,197	
Mauerwerke.					
9	Neues oder altes feuchtes Mauerwerk	Unbesimmt.	bis { 0,125	{ 0,109	
10	Gewöhnliches Mauerwerk mittlerer Güte		bis { 0,133	{ 0,116	
11	Neues sehr gutes Mauerwerk		bis { 0,150	{ 0,131	
12	Altes Mauerw. derselb. Gatt.		bis { 0,160	{ 0,140	
13	Römisches oder eben so festes Mauerwerk		bis { 0,225	{ 0,197	
			bis { 0,250	{ 0,219	
			bis { 0,291	{ 0,255	

Bemerkung, Da die Erdgattung Nr. 3 nach Tabelle II. auf 10' W. L. mit 102 Pfund Pulverladung, nach alt französischem Gewicht aber mit 100 Pfd. angenommen wurde, so kann der Coefficient g auch nur auf diese Erdgattung mit 0,100 sich beziehen.

§. 70.

Nach den angeführten Berechnungsarten können die Pulverladungen zu den gleichseitigen Minen in einem gleichartigen Erdreich, sowohl nach der Figur des Explosionskörpers, als mit Umgehung desselben gefunden werden. Beide Berechnungsarten führen zu demselben Resultate, indem die eine und die andere immer von der Voraussetzung ausgeht, „dass die Pulverladungen sich wie die Würfel der Widerstandslinien verhalten;“ selbst Schröder ist bemüssiget, diese Voraussetzung — die übrigens auch der Erfahrung entspricht — bei seiner Annäherungsberechnung zwischen der kleinsten und angenommenen grössten W. L. anzuwenden.

Man mag auch dem Explosionskörper was immer für eine Form beilegen, sie sei eine ganze oder gestutzte Paraboloid, ein ganzer oder gestutzter Kegel u. s. w., so werden sie, da die gleichseitigen Minen auch ähnliche Minen sind, den Berechnungen danach entsprechend sein, wenn die Einheit der Ladung auf 1 Kub.-Klftr., Kub.-Fuss, Kub. Metre etc. für die angenommene Form bekannt ist. Diese Einheit, die man Q, Q' u. s. f. nennt, wird gefunden, wenn man die Ladung durch den körperlichen Inhalt des angenommenen Explosionskörpers dividirt: Z. B.

der ganze Kegel ist $= \frac{2}{3} w^3$;

der gestutzte - $= \frac{1}{6} w^3$.

Daher für den ganzen Kegel:

$$Q = \frac{22 L}{21 w^3}; \text{ und für den gestutzten Kegel:}$$

$$Q' = \frac{11 L}{6 w^3}.$$

Wäre demnach $w = 10$, $L = 100$ Pfund, so wird für den ganzen Kegel der körperliche Inhalt mit K bezeichnet:

$$K = \frac{1047,6}{216} = 4,85 \text{ Kub.-Klftr.,}$$

und für den gestutzten Kegel:

$$K' = \frac{156,0}{216} = 0,72 \text{ Kub.-Klftr.;}$$

daher die Ladung der Einheit für

den ganzen Kegel . . . $Q = \frac{100}{4,85} = 20,62$ Pfd.

für den gestutzten Kegel $Q' = \frac{100}{8,47} = 11,80$ Pfd.,

für welche Zahl 11,80 in der Ausführung 12 Pfd. angenommen wurden.

Die Verschiedenheit der Formen des Explosionskörpers, welche den Berechnungen zu Grunde gelegt wurden, führen die Nothwendigkeit herbei, bei der Beurtheilung angegebener oder erhobener Resultate vorerst zu untersuchen, auf welche Form oder Berechnungsart sie basirt sind, um nicht scheinbare Anomalien zu erhalten.

§. 71. (Fig. 16, 17. Taf. I.)

Das entzündete Pulver wirkt nicht nur gegen die Oberfläche des Erdreichs oder anderer Mittel, sondern gleichzeitig auch rund um sich mit derselben Kraft. Es sind demnach auch diese Wirkungen, und vorerst die unterirdischen Wirkungen der gleichseitigen Minen im Erdreich kennen zu lernen.

Die unterirdischen Wirkungen der Minen sind nicht immer in der Natur so strenge abgegränzt und können nicht immer mit der Bestimmtheit erhoben werden, als es für die Theorie vielleicht wünschenswerth wäre. Besonders im Holzverbau dürfte der Uebergang von dem gänzlichen Einsturz der Gestelle und der dadurch erfolgten Ausfüllung der Galerie mit Erde oftmals zweifelhaft werden, denn nächst diesem Einsturz sind die Gestelle und Verzugsbreiter dergestalt gespalten, aus ihrer Lage gebracht und zum Theil mit Erde angefüllt, dass man nicht umhin kann, sie mit Gefahr mühsam auszuwechseln. Dieser Umstand mag daher auch die Veranlassung zu verschiedenen — oft individuellen — Beurtheilungen über die Gränzen des Einsturzkreises gegeben haben. Es erübriget daher nur, und ist für die Ausübung hinlänglich, dasjenige anzuführen, was nach mehrfältigen Versuchen erhoben, festgesetzt und allgemein angenommen wurde.

Lebrun und nach ihm Boutault setzen den Halbmesser des Einsturzkreises im Horizonte des Ofens gleich dem Explosionshalbmesser, und die Halbmesser desjenigen Kreises, oder die Entfernung vom Ofen bis dahin, allwo die Galerie keine Beschädigung mehr erleidet, welcher in dieser Abhandlung der Friabilitäts- oder Zer-

reiblichkeits-Kreis genannt wurde, auf $\frac{1}{4}$ W. L. Da der Explosionshalbmesser T Fig. 17 die Hypothenuse eines rechtwinkligen und gleichschenkligen Dreieckes 0,1 N ist, und da $R = w$, so wird:

$$T = \sqrt{2w^2} = w\sqrt{2} = 1,414 w.$$

Und da ferner Fig. 16 $1,3 = 3,2$, so wird der ganze Einsturz der Galerie $AA' = 2w\sqrt{2}$.

Ist nun der beabsichtigte halbe Einsturz $1,3 = e$ gesetzt, gegeben, so findet man O 3 oder d die Entfernung e des Ofens o von der Galerie, in welcher er angelegt werden muss, um den verlangten Einsturz zu erzeugen:

$$e = \sqrt{2w^2 - d^2}.$$

Und eben so wenn die Entfernung d zu bestimmen ist:

$$d = \sqrt{2w^2 - e^2}.$$

Der Einsturz einer Galerie D Fig. 16 und 17, welche dem Ofen O die Stirne bietet, erstreckt sich zwar ebenfalls bis $w\sqrt{2}$, kann aber der Natur ihrer Lage nach nicht so ausgedehnt sein, da sie nicht in derselben Länge wie eine Flanquengalerie im Einsturzkreise zu liegen kommt.

§. 72. (Fig. 18, 19. Taf. I. u. II.)

Beabsichtigt man Fig. 18 einen ergiebigen Einsturz der Galerie A, A', im Horizonte des Ofens, dessen Länge auf einer Seite der W. L. = w sein soll, so wird der Halbmesser der vollen Wirkung (Rayon de bonne rupture) O 3 = $w\sqrt{2}$.

Da nun $w\sqrt{2} > w$ ist, so wird diese Mine in Bezug der unterirdischen Wirkung eine gleichseitige, in Bezug der oberirdischen Wirkung aber eine stark geladene Mine sein. Würde man diese der W. L. $1,2 = w\sqrt{2}$ zugehörige Ladung in den Punkt 2 legen, so müsste, um den ergiebigen Einsturz w zu bewirken, die Pulverladung zur W. L. $2,3 = \sqrt{2w^2 + w^2} = \sqrt{3}w$ gegeben werden, somit dasselbe Verhältniss hinsichtlich der unterirdischen und oberirdischen Wirkung stattfinden.

Lebrun nimmt Fig. 18 die Länge der W. L. im Horizonte des Ofens O vom Mittelpunkt der Ladung bis an die Mittellinie 6,7 der Galerie $AA' = 0,5$, und für die vertikal abwärts gerichtete Wirkung Fig. 19 als W. L. die Entfernung vom Mittelpunkt der Ladung des Ofens O bis 1 an die innere Lichte des Gewölbschlusses an. Das

Manuel des Mineurs setzt die W. L. für beide Wirkungen nur bis an die äussern Seiten der Galerie.

Boutault glaubt den Mittelweg einschlagen zu dürfen, indem er die W. L. vom Mittelpunkt der Ladung bis zum innern Lichte der Galerie annimmt. Wie derselbe sich ausspricht, so scheint Lebrun die angenommene Entfernung vom Mittelpunkt der Ladung bis in die Mitte der Galerie, wegen der grössern Widerstandsfähigkeit der Galerie-Verkleidungen mit Mauerwerk oder Holzverbau angenommen zu haben. Allein dann müsste auch die vertikale W. L. um so mehr in das Innere der Galerie reichen, als das Gewölbe unstreitig eine grössere Widerstandsfähigkeit als die Seitenmauern der Galerien hat.

Man wird daher mit Boutault und bei dem bis jetzt befolgten Vorgang um so mehr verbleiben können, die W. L. bis an das innere Licht der Galerie festzusetzen, als bei den Versuchen, die stattfanden, der grössere Widerstand, welchen die Mauerkleidungen oder der Holzverbau der Galerien leistet, schon mitbegriffen ist.

§. 73. (Fig. 16, 17. Taf. I.)

Uebereinstimmende Versuche haben ergeben, dass Fig. 17 Galerien B, die unter dem Horizonte des Ofens O und in einer durch den Mittelpunkt desselben geführten Vertikalebene liegen, nur bis in die Entfernung von 1 W. L. eingestürzt werden.

Da nun die Ausdehnung des Einsturzes im Horizonte des Ofens bis auf $w\sqrt{2}$, und in vertikaler Richtung auf 1,0 sich erstreckt, so nimmt man an, „dass die Galerien unter dem Horizonte des Ofens bis zur Oberfläche einer halben Elypsoide eingestürzt werden, deren halbe erste Achse $a = w\sqrt{2}$, und deren zweite $b = w$ ist.

Wenn daher der Explosionshalbmesser T im Horizonte des Ofens ein beständiger ist, so wird der Explosionshalbmesser t unter dem Horizonte des Ofens O ein veränderlicher, und muss vorerst bestimmt werden, um danach die Länge des Einsturzes bei einer gegebenen Entfernung des Ofens von der Galerie, oder die Entfernung nach der beabsichtigten Länge des Einsturzes zu finden.

Aus der Gleichung der Elypse vom Mittelpunkte kann für die bekannte horizontale Entfernung x vom Ofen die vertikale Tiefe y, und eben

so aus der bekannten Tiefe y die horizontale Entfernung x, und sodann aus der nun gefundenen x und y auch t bestimmt werden.

Ist x bekannt, so wird:

$$y^2 = \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2),$$

$$y = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}, \text{ daher:}$$

$$t = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{x^2 + \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2)}.$$

Eben so erhält man t, wenn y bekannt ist, indem

$$x^2 = \frac{a^2}{b^2} (b^2 - y^2) \text{ ist,}$$

$$t = \sqrt{y^2 + \frac{a^2}{b^2} (b^2 - y^2)}.$$

Es kann nun auch die Länge des beabsichtigten Einsturzes e (Fig. 16) einer Galerie unter dem Horizonte des Ofens gefunden werden, wenn aus der horizontalen Entfernung und der Tiefe des Ofens der Explosionshalbmesser t bestimmt und dieser anstatt $w\sqrt{2}$ gesetzt wird. Eben so wird die Entfernung d bestimmt, wenn die Länge des beabsichtigten Einsturzes e gegeben ist.

Diesem zufolge wird für die Galerie unter dem Horizonte des Ofens.

$$d = \sqrt{t^2 - e^2} \text{ und}$$

$$e = \sqrt{t^2 - d^2}.$$

§. 74. (Fig. 19. Taf. II.)

Wäre Fig. 19 die Galerie A A unter dem Horizonte des Ofens o auf die Länge w nach einer Seite der W. L. einzustürzen, um die volle Wirkung zu erhalten, so wird nach der Voraussetzung: dass der unterirdische Einsturz durch die Oberfläche einer halben Elypsoide nach obigen Angaben begrenzt ist, mit der Ladung zu w, welche im Horizonte des Ofens $= w\sqrt{2}$ ist, sich unter demselben nur auf die Länge des Explosionshalbmessers t bis 4 an den Umfang der Elypse erstrecken; um daher die W. L. $0,6 = w'$ gesetzt, welche den Einsturz auf die Länge w bewirken soll, zu finden, muss noch zu $w\sqrt{2}$ die Länge 4,6, die man z nennt, hinzu addirt werden. Es wird daher: 2,6 oder:

$$w'' = w\sqrt{2} + z.$$

Dieser Ausdruck ist aber auch der Hypothese des rechtwinkligen Dreieckes 1,2,6 gleich, daher:

$\overline{2,6}^2 = 1,2^2 + \overline{16}^2$; oder:
 $\overline{w''}^2 = (w\sqrt{2})^2 + w^2 = 2w^2 + w^2 = 3w^2$
 und:
 $w'' = w\sqrt{3} = (1,732) w$.
 Lebrun setzte für $w'' = \frac{7}{4}w = (1,75) w$,
 was beinahe dasselbe ist.

§. 75.

Der Halbmesser des Friabilitätskreises im Horizonte des Ofens ist $= \frac{1}{4} w$. Die Länge desselben gegen eine Galerie, die unter dem Horizonte des Ofens und in einer durch den Mittelpunkt der Ladung gehenden Vertikalebene liegt, gibt Lebrun mit $w\sqrt{2}$ an. Es kann daher die Friabilitätswirkung wieder durch eine Elypse bestimmt werden, deren grosse horizontale Achse $= \frac{1}{4} w$ und die kleine vertikale Achse $= w\sqrt{2}$ ist; daher alles dasjenige, was für den Umfang der Elypse zum Einsturze der Galerie gefunden wurde, auch auf den Umfang der Elypse der Friabilität bezüglich angewendet werden kann.

§. 76. (Fig. 17. Taf. I.)

Der Einsturz der Galerien über dem Horizonte des Ofens wird nach Lebrun Fig. 17 dermassen angegeben, dass derselbe sich bis an die Seitenfläche eines abgestutzten Kegels erstreckt, der zum untern Halbmesser im Horizonte des Ofens $= w\sqrt{2}$, und auf der Oberfläche des Erdreichs zum Trichterhalbmesser $P, M + \frac{PM}{2}$, sonach der Halbmesser des Einsturzes allda $= \frac{3}{2} w$ ist. Nun ist aber:

$$\frac{3}{2} w = (1,500) w, \text{ und:}$$

$$w\sqrt{2} = (1,414) w$$

$$\text{Unterschied} = (0,086) w = \frac{86}{1000} w.$$

Dieser geringe Unterschied kann in der Ausführung ohne wesentlichen Fehler füglich als Null angesehen werden. Es werden demnach die Halbmesser t' der Einsturzkreise vom Ofen O bis an die Seitenfläche eines Cylinders reichen, der zum Halbmesser $w\sqrt{2}$ hat, und deren Längen durch die Hypothenuse der rechtwinkligen Dreiecke bestimmt werden, wovon die eine Kathete die horizontale Entfernung $w\sqrt{2}$ und die andere Kathete die vertikale Höhe über dem Horizonte des Ofens ist, wodurch für den Halbmesser des Einsturzkreises über dem Horizonte des Ofens der Ausdruck:

$$t' = \sqrt{2w^2 + h^2}$$

gefunden wird, wenn man h die vertikale Höhe über demselben nennt.

Man kennt die Versuche nicht, auf welche Lebrun die Angabe gründet: dass der Einsturzhalmmesser auf der Oberfläche des Erdreichs $= \frac{3}{2} w$ sei; allein bis nicht eigene Erfahrungen diese Angabe bestätigt oder berichtigt haben, kann sie vorläufig immer als Anhaltspunkt angenommen werden.

§. 77.

Den Friabilitätshalbmesser auf der Oberfläche des Erdreichs nur mit einer annähernden Genauigkeit aufzunehmen und zu bestimmen, ist beinahe nicht möglich, da sich die Erschütterung des Erdreichs nicht als begränzt darstellt, da die Risse am Erdboden sowohl dem Umfange nach, als gegen den Mittelpunkt sich in so mancherlei Form zeigen, und in mehr oder mindern Entfernungen auslaufen. Da indessen die Friabilitätsgränze unter der Oberfläche des Erdreichs durch jene auf der Oberfläche des Erdreichs bestimmt wird, so kann eine genaue Bestimmung der Friabilitätsgränze über dem Horizonte des Ofens ohnehin in der Wirklichkeit von keinem grossen Belang sein und vorläufig immerhin als gleichlaufend mit der Einsturzgränze, oder mit der Oberfläche eines Cylinders, welche $\frac{1}{4} w$ bis $2 w$ von der Achse desselben oder W. L. entfernt ist, angenommen werden.

Ungleichartiges Erdreich oder Mittel.

§. 78.

Sind die Auflagerungen der Erdschichten (oder Mittel) unter- und oberhalb des Horizontes des Ofens nicht beträchtlich in ihrer Höhe, eigenthümlichen Schwere und Festigkeit verschieden, so kann man in der Ausübung sich damit begnügen, die Schichten der Mittel nach ihrer Höhe (Mächtigkeit) und einer bestimmten Quadratfläche in Kubikklaftern oder Kubikfuss zu berechnen, für jede dieser Schichten nach der Ladungstabelle I. die Ladung auf die Kubikklafter besonders bestimmen, sodann sämtliche Ladungen zusammen addiren und das arithmetische Mittel davon nehmen.

Weichen aber die Mittel, welche unter- und oberhalb des Horizontes des Ofens liegen, beträchtlich von einander ab, so kann weder von der oberirdischen Wirkung auf der Oberfläche des Erdreichs auf die unterirdische Wirkung eine Schluss-

folge gemacht, noch die unterirdischen Wirkungen nach der angeführten Berechnung der Ladungen beurtheilt werden.

§. 79. (Fig. 20. Taf. II.)

Wären z. B. Fig. 20 Vertheidigungsminen in Felsen a, c, d, b ausgearbeitet, über dieser Felsenlage ein Glacis a, c, e, f, von gewöhnlicher Erde aufgeführt, und es soll eine Galerie A, welche ebenfalls im Felsen und im Horizonte des Ofens O liegt, durch die Pulverladung einer gleichseitigen Mine 1, 7, 8, 2 eingestürzt werden, so ist ersichtlich, dass diese Galerie A nur dann auf die ausgemittelte Länge eingestürzt werden kann, wenn die Ladung der in der Tabelle I. der Erdgattung Nr. 8, oder dem der Felsen angezeigten entspricht.

Um nun möglichst annähernde Resultate zu erhalten, wird es nothwendig, die Ladungen für die gleichseitigen Minen auf der Oberfläche des Erdreichs nach der angenommenen annähernden Form des gestutzten Kegels zu berechnen, indem der untere Theil des Explosionskörpers 4, 5, 7, 8 kleiner wie der obere Theil 1, 2, 4, 5 ist, und sowohl die Ladung für den Theil des Explosionskörpers, oder den gestutzten Kegel 1, 4, 5, 2 nach Tab. I. Nr. 3, mit 12 Pfd. Pulver franz. Gewicht, und den untern Theil des gestutzten Kegels 4, 5, 7, 8 nach Nr. 8 mit 27 Pfd. franz. Gewicht auf die Kub.-Klafter berechnet werden müssen, um auf der Oberfläche des Erdreichs einen Trichter zu erzeugen, dessen Halbmesser der der W. L. gleich ist.

In Hinsicht der unterirdischen Wirkung im Horizonte des Ofens und unter demselben kann die vertikale W. L. 0,3 als diejenige Verdämmung angesehen werden, welche die gerechte in einem gleichartigen Erdreich ist, und in welcher sich der unterirdische Einsturz im Horizonte des Ofens auf $w\sqrt{2}$ erstreckt; da nun dieser Einsturz der Galerie A im Felsen bis auf obige Länge $w\sqrt{2}$ sich erstrecken soll, auch ganz aus Felsen zu bestehen hätte, so ist die Verdämmung 0,3, die nur zum Theil aus Felsen besteht, zu geringe, um den Einsturz bis zur Galerie A $= w\sqrt{2}$ zu bewirken.

Die erforderliche Pulverladung in einem ungleichartigen Erdreich, welches im Horizonte des Ofens eine grössere Schwere und Festigkeit als die über dem-

selben aufgelagerte hat, und dieselben unterirdischen Wirkungen, wie in einem gleichartigen Erdreich ausüben soll, wird daher nicht nur auf der Oberfläche des Erdreichs eine stark geladene Mine erzeugen, sondern es muss auch diese Pulverladung nach den Ladungsverhältnissen der Minen mit verkürzter Verdämmung bestimmt werden; welche Verhältnisse später vorkommen.

§. 80. (Fig. 16. Taf. I. Fig. 20, 21. Taf. II.)

Ist umgekehrt Fig. 20 die Erdgattung a, b, c, d minder schwer und fest, wie jene über ihr gelagerte f, e, a, c, so wird Fig. 16 die nach diesen Schichten verglichene Ladung einer gleichseitigen Mine auf der Oberfläche des Erdreichs zur W. L. w, die auf $w\sqrt{2}$ entfernte Galerie A nach einer um so grössern Länge c, oder in einer um so grössern Entfernung d', d'' eingestürzt werden. Beides kann für den Kriegsgebrauch und die Vertheidigung, welcher die gleichseitigen Minen besonders angehören, nur vorthellhaft sein. Jedoch ist hierbei die Entfernung der Galerie vom Ofen zu berücksichtigen, damit die eigene Galerie durch die stärkere Ladung in einem minder festen Erdreich nicht eingestürzt oder beschädigt werde.

Diesen Thatsachen zufolge wird auch Fig. 21 die festere Mauer A, wenn sie gesprengt werden soll, eine kürzere W. L. W erhalten müssen, wie jene w der minder festen Erde B. (Das Nähere bei dem Vortrag über die Längen der Verdämmungen.)

Berechnet man die Pulverladung für die weniger feste und schwere Erde im Horizonte des Ofens, so wird der erzeugte Trichterhalbmesser $R < w$, mithin gehören diese Minen vermöge ihrer oberirdischen Wirkung zu den schwach geladenen Minen, obgleich sie für die unterirdische Wirkung, gerecht geladen, zu den gleichseitigen Minen gehören.

Die unterirdische Wirkung gegen Galerien oder hohle Räume ist daher je nach den gleichartigen oder ungleichartigen Erdgattungen nur beziehungsweise (relativ), und zwar werden bei gleichartigem Erdreich mit der für gleichseitige Minen berechneten La-

dung: **gleichseitige**; jene, deren Erdgattung im Horizonte des Ofens schwerer wie die über ihr liegende: **stark geladene Minen**, und jene, die im Horizonte des

Ofens minder schwere Erdgattungen, als die über derselben aufgelagerte, haben: **schwach geladene Minen** auf der Oberfläche des Erdreichs, erzeugen.

Stark geladene Minen.

§. 81. (Fig. 22. Taf. II.)

Erhebt man Fig. 22 die Ladung O einer gleichseitigen Mine 1 O2, deren W. L. O3 = w ist, nach O', so wird die W. L. verkürzt und es erhält die gleichseitige Mine 4 O' 5 eine verstärkte Ladung, daher der Trichterhalbmesser 3,4 sich vergrössern wird. Nachdem aber bei der verkürzten Widerstandslinie O',3 der normale erste Widerstand des Erdreichs der gleichseitigen Mine 1,0,2 vermindert wird, so kann auch der der W. L. O3 gleiche Trichterhalbmesser 3,1 nicht mehr erzeugt werden, sondern er wird kleiner als r, und grösser als r' sein, mithin bis zu einem zu suchenden Punkt 6 oder 7 reichen, der inzwischen diesen beiden Trichterhalbmessern r und r' liegt, dessen Trichterhalbmesser man r'' nennt. Also gestaltet es sich der Theorie nach. —

Nachdem aber nur die Erfahrung diese Theorie bestätigen oder berichtigen kann, so können auch nur Versuche, die bisher stattfanden, massgebend sein. Man wird die merkwürdigern davon anführen.

Versuch zu Lafere im Jahre 1732.

§. 82. (Fig. 23, 24. Taf. II.)

Dieser Versuch ist bekanntlich der erste, welcher mit einer beträchtlich stärkern Pulverladung, als die einer gleichseitigen Mine zukommende, vorgenommen und von Belidor ausgeführt wurde. Er erzeugte einen Trichterhalbmesser, der die W. L. beträchtlich überstieg und fand nach Gillot, — dem man die folgenden Angaben der französischen Versuche entlehnt, — in einem Erdreiche statt, welches er unter No. 1 anführt, mithin 13,5 Pfd. alt französ. Gewicht auf die Kubik-Klafter erforderte, jedoch die Eigenthümlichkeit hatte, dass im Horizonte des Ofens und unter demselben eine mächtige Mergelbank sich befand, in welcher auch Fig. 23 und 24 die Galerie O ausgearbeitet wurde.

Um vier Galerien A, B, G, H Fig. 23 und 24 in einem Rechtecke von 70' Länge und 60'

Breite auszuarbeiten, wurden 4 Brunnen C, D, E, F abgeteuft. Der erste Brunnen C erhielt 10'; der zweite D 11'; der dritte E 12', und der vierte F 13' zur Tiefe, damit die von ihren Sohlen ausgearbeiteten 4' hohen und 3' breiten Galerien verschiedene Neigungen unter sich und mit dem Horizonte des Ofens O erhielten, welcher zur W. L. 10' bekam.

Der Ofen O wurde von der Galerie G aus mittelst Wendungen in einem Schlunde dergestalt angelegt, dass er von der Galerie G 25' oder 2½ W. L., von der Galerie A 30' oder 3 W. L., von der Galerie H 35' oder 3½ W. L., und von der Galerie B 42', oder 4½ W. L. entfernt lag. Endlich wurde aus der Galerie B mittelst eines Falles ein Zweig J ausgearbeitet, welcher mit seiner Decke 13' in vertikaler Tiefe unter dem Ofen O zu liegen kam.

Die Pulverladung dieser Mine betrug 1200 Pfd. alt französ. Gewicht.

Die oberirdische Wirkung dieser Mine erzeugte eine Erdgarbe von 80' Höhe und einen ganz ausgeleerten Trichter von 45' Durchmesser.

Die unterirdische Wirkung entsprach den Erwartungen Belidor's vollkommen, indem sie sich über die vierfache W. L. erstreckte. Alle Galerien ohne Ausnahme, auch der unter dem Ofen liegende Zweig I, wurden je nach ihrer Entfernung vom Ofen auf eine grössere oder mindere Länge, so wie es die Fig. 24 und 25 zeigen, eingestürzt. In den zwei Brunnen D und E waren die Verzüge so beschädigt, dass man sie neu herstellen musste, um die Wirkung der aus diesen Brunnen getriebenen Galerien untersuchen zu können. Obwohl nun dieses Resultat zeigte, dass die unterirdische Wirkung der stark geladenen Minen auch über das Vierfache der W. L. sich erstreckte, so ist Belidor dennoch der Meinung, dass man die normale unterirdische Wirkung eines Globe de Compression (wie er die stark geladenen Minen nennt) nur auf 4 W. L. annehmen solle.

§. 83. (Fig. 23, 24, 25. Taf. II.)

Belidor's aufgestellter Grundsatz: dass stärkere wie gleichseitig geladene Minen grössere Trichterhalbmesser und eine stärkere unterirdische Wirkung erzeugen müssen, bestätigte sich nach diesem Versuche vollkommen; allein ungeachtet die unterirdische Wirkung dieser verstärkten Ladung sich im Horizonte des Ofens in so beträchtlichen Entfernungen auf die Flanquegalerien erstreckte, und selbst die in der Vertikalebene, die durch den Mittelpunkt des Ofens geht, unter dem Ofen in der Tiefe von 10' und in einer festen Mergelbank liegende Galerie I. Fig. 24 und 25 gänzlich eingestürzt wurde, behaupteten dennoch die Gegner, „dass sich das Pulver einen Ausweg verschafft hätte, um die Galerien zwischen der Erde und der Mergelbank auszudrücken;“ daher auch, wie Gillot sich ausdrückt, „die Mineure keine Rechnung darüber gehalten haben.“

Wahrscheinlich dieser Ursache wegen gibt Gillot auch keine Massen über die Längen der Einstürze der beinahe im Horizonte des Ofens liegenden Galerien an, und verweist auf die gegebenen Figuren, nach welchen die Entfernung vom Ofen bis an die Enden der Galerieeinstürze durchschnittlich auf 22'5 angenommen werden kann.

Ueber die unter dem Ofen liegende Galerie lässt sich weder die Länge des Einsturzes noch die Tiefe, bis unter welche sie eingestürzt worden wäre, ermitteln, da sie nur in einer ungenügenden Tiefe von 10' unter dem Ofen lag, schief geführt und gänzlich eingestürzt war, auch keine Gränze des Einsturzes aufgefunden werden konnte.

Nachdem, Fig. 23 und 24, der Versuch in einem gleichartigen Erdreich ausgeführt wurde, die W. L. $w' = 10'$; der Trichterhalbmesser $r'' = 22,5$, so ist das Verhältniss von

$$w' : r'' = 1 : 1.25 \text{ oder wie } 1 : 1\frac{1}{4}.$$

Es ist nun auch die W. L. w der gleichseitigen Mine 1,0,9 aufzufinden, welche der Pulverladung von 1200 Pfund französischem Gewicht entspricht.

Nach der Angabe Gillot's gehört die Erdgattung, unter welcher der Versuch ausgeführt wurde, unter die Nr. 1 bezeichnete, deren Ladung sowohl in seiner Hilfstabelle Nr. III., als auch in der gegenwärtigen Abhandlung mit 13,5 Pfd. auf

die Kubikklafter festgesetzt, und dessen Ladungs-Coefficient $g = 0,1125$ ist.

Die dazu gehörige W. L. kann daher nur dieser Ladung oder diesem Coefficienten entsprechend sein. Nun ist:

$$1 = g w'^3, \text{ und } w'^3 = \frac{1}{g}, \text{ daher}$$

$$w' = \sqrt[3]{\frac{1200}{0.1125}} = \sqrt[3]{10666,66} = 22'$$

sehr nahe.

Diese W. L. von 22' weicht daher von dem erzeugten Trichterhalbmesser mit 22',5 nur 6" ab, was in der Ausführung als Null angesehen werden kann.

Nach diesem Versuche könnte man demnach schliessen:

Dass die gehörige Ladung einer stark geladenen Mine diejenige ist, die einer gleichseitigen Mine zukömmt, deren W. L. dem Trichterhalbmesser gleich ist.

Diess in Betreff der oberirdischen Wirkung.

Nun die Untersuchung der unterirdischen Wirkung.

Der Halbmesser des Einsturzkreises derjenigen Galerien, die beinahe im Horizonte des Ofens liegen, ist Fig. 24 durchschnittlich = 42' angezeigt.

Im Horizonte des Ofens ist der Halbmesser des Einsturzkreises bei gleichseitigen Minen $= w\sqrt{2}$; daher für die W. L. von 22',5 $w\sqrt{2} = 31',815$.

Da es unstreitig ist, dass bei derselben Ladung die unterirdische Wirkung je grösser sein muss, je grösser die Höhe des über dem Ofen liegenden Erdreichs ist, so kann auch eine stark geladene Mine keine so ausgedehnte unterirdische Wirkung hervorbringen, als die mit derselben Ladung tiefer angelegte gleichseitige Mine, daher der Einsturz bei der kürzern W. L. der stark geladenen Mine auch nicht auf 42 sich erstreckt haben kann, wie aus folgendem klar wird.

Setzt man anstatt des Halbmessers des Einsturzkreises jenen des Friabilitätskreises, so wird für $w' = 22$ der Halbmesser desselben $\frac{1}{4} w' = 38',5$ und für die W. L. von 22,5 = 39',25, kömmt also 42' ziemlich nahe.

Man kann daher annehmen, dass unter der Länge von 42' jene des Halbmessers vom Friabi-

litätskreis verstanden ist, welche Annahme dadurch Gewicht erhält, als Boutolt sagt:

„Die Entfernungen $\frac{1}{2}h$ und $h\sqrt{2}$ (wir haben in dieser Abhandlung w anstatt h angenommen) werden die Halbmesser des Zerstörungskreises genannt, und es sind dieselben die äussersten Gränzen, bis zu welchen noch eine Beschädigung der Galerien erwartet werden kann.“ Woraus ersichtlich ist, dass der Zerstörungskreis die ganze Ausdehnung der Wirkung begreift, welche hier Friabilitätskreis benannt wurde, in welcher der Einsturzkreis liegt.

Da nun selbst der Friabilitätskreis der unterirdischen Wirkung kaum die angezeigte des Einsturzes zur Ladung der gleichseitigen Mine ergibt, so kann bei diesem Versuche die unterirdische Wirkung der stark geladenen Mine im Horizonte des Ofens nicht mit Vertrauen als Norm angenommen werden, und eben so wenig die unterirdische Wirkung unter dem Horizonte des Ofens, welche, wie erwähnt, nicht ermittelt werden kann.

Versuch zu Bizi im Jahre 1753.

§. 84. (Fig. 26, 27, 28. Taf. II.)

Dieser Versuch in der Umgegend des Schlosses Bizi in der Nähe von Vernon sur Seine, ebenfalls von Belidor ausgeführt, gibt mehrere zum Gebrauche dienende Daten, sowohl über die oberirdische als unterirdische Wirkung. Hier folgt das Wesentliche derselben:

In der gleichartigsten Erdgattung, die aufgefunden werden konnte, und welche aus trockenem mit Sand und Steinen vermengten Tuf bestand, wurden Fig. 26, 27 und 28 aus den zwei Brunnen I und M in einem Rechtecke vier unter sich verbundene Galerien von 6' Höhe und 3' Breite ausgearbeitet und mit Mauerwerk verkleidet, um zu zeigen, dass diese Verkleidung, weit entfernt ein Hinderniss für die Pulverwirkung zu sein, sie vielmehr begünstige.

Die Oberfläche des Erdreichs hatte einen glasisartigen Fall von 4' von Süd nach Nord. Die Sohlen der Galerien erhielten zusammen einen Fall von 6' 3" und lagen in einer mittlern Tiefe von 15' 3" unter der geneigten Oberfläche des Erdreichs. Die aus den Brunnen I und M ausgeführ-

ten Galerien hatten beinahe nach den 4 Hauptweltgegenden ihre Richtung.

Die Südgalerie MD wurde auf 16', die Nordgalerie I, C in 20' Tiefe unter dem Erdreich ausgearbeitet, und nachdem sie hergestellt waren, wurde der Brunnen I noch um 9' vertieft, so dass seine Sohle 29' unter der Erdoberfläche zu liegen kam.

Aus diesem vertieften Brunnen I wurde eine mit festem Eichenholz verkleidete Galerie YF von 5' Höhe und 18" Fall gerade unter den Ofen E getrieben, so zwar, dass ihre Decke 14' unter ihm lag.

Die Erdgattung, in welcher diese Galerie ausgearbeitet wurde, war dieselbe Tuferde wie bei den andern Galerien, aber so hart, dass die Mineure ohne Hilfe des Meissels nicht durzubrechen vermochten.

Zum Ofen E führte ein Zweig mit einer Wendung aus der Galerie C, D dergestalt, dass derselbe zur W. L. 12' unter dem schief liegenden Erdreich erhielt.

Am 18. Juni 1753 wurde der mit 3000 Pfd. Pulver französ. Gewicht geladene Ofen E gezündet. Seine Garbe stieg auf 150' Höhe, und ein vollkommen runder Trichter von 66 Fuss Durchmesser und 17 Fuss Tiefe bezeichnete die oberirdische Wirkung.

Die unterirdische Wirkung war folgende:

Die 24' oder 2 W. L. von dem Ofen E entfernte Galerie C, D wurde auf ihre ganze Länge eingestürzt.

Die auf 30' oder 2½ W. L. von dem Ofen E entfernte Süd - Galerie MD von 60' Länge wurde in ihrer ganzen Länge bis auf 12' Entfernung vom Brunnen M eingestürzt.

Die 72' lange Ost-Galerie J, M, welche von dem Ofen E 36' oder 3 W. L. entfernt lag, wurde auf die Länge von 42' zerstört, indem gegen die Nordseite eine Galerielänge von 18' und gegen die Südseite eine Länge von 12' stehen blieb.

Die 60' lange, von dem Ofen E auf 42' oder 3½ W. L. entfernte Nordgalerie J, C wurde auf ihre ganze Länge bis auf 12' gegen den Brunnen J, mithin auf 48' Länge eingedrückt und unbrauchbar gemacht, wodurch die Hypothenuse E, P, (Fig. 26) = 48' = 4 W. L. die Entfernung bestimmte,

bis auf welche eine Galerie unter obigen Umständen eingestürzt werden kann.

Die Galerie Y, F, deren Decke unter dem Ofen E 14' tief lag, wurde (Fig. 28) auf die Länge F, Z = 45' vollkommen eingestürzt und von Y bis Z blieben 24' derselben verschont.

Indem das äusserste Ende F dieser Galerie von der Vertikallinie E, H noch 9' vom Ofen E entfernt lag, so ist der eingedrückte Theil H Z = 36', welcher, wenn die Galerie Y, F weiter fortgesetzt worden, diese ebenfalls auf 36' Länge eingestürzt worden wäre.

Berechnet man Fig. 28 die Hypothenuse E, Z aus dem rechtwinkligen Dreiecke E, H, Z, so wird 38' 6" für den Halbmesser der *Globe de Compression* gefunden.

Wenn man daher (folgert Belidor) anstatt 38' 6" nur die ganze Zahl 38' annimmt, würde diese Mine eine Galerie eingestürzt haben, welche 38' + 12' (der W. L.) oder 50' unter der Oberfläche des Erdreichs sich befunden hätte, welches die grösste Tiefe ist, in welcher Galerien angelegt werden.

Hieraus schliesst Belidor weiter, dass: wenn man der W. L. anstatt 12', 15' bis 16' gegeben hätte, so würden bei verhältnissmässig vermehrter Pulverladung Galerien eingedrückt worden sein, welche vom Mittelpunkt des Ofens E 60 bis 64' oder auf die vierfache W. L. entfernt gewesen wären.

Man wird nun sowohl die Resultate des Versuches, als auch die von Belidor aufgestellten Schlussfolgerungen einer nähern Untersuchung unterziehen.

§. 85. (Fig. 26, 27, 28. Taf. II.)

Die oberirdische Wirkung (Fig. 26, 27 und 28) fand bis zum Horizonte des Ofens in einem gleichartigen, und wie man nach der Beschreibung annehmen kann, auch gleich festem Erdreich statt, denn erst unter dem Ofen bei der Ausarbeitung der Galerie Y, F, enthielt es eine beinahe felsartige Festigkeit; es wird somit auch das angegebene Verhältniss der W. L. zum Durchmesser entsprechend sein.

Der Durchmesser ist = 66'; die W. L. w = 12', daher das Verhältniss der W. L. zum Trichterhalbmesser oder:

$$w : r = 12 : 33 = 1 : 2\frac{3}{4}.$$

Es ist nun die W. L. w' der gleichseitigen Mine zu finden, welche der Pulverladung von 3000 Pfd. in der beschriebenen Erdgattung entspricht.

Die Ausmittlung dieser W. L. wird immer etwas zweifelhaft bleiben, da wohl die Erdgattung angezeigt ist, aber weder ihr Gewicht, noch die Ladung auf 1 Kub.-Klafter, noch die nach einer Probemine. Doch glaubt man dem, was zur Beurtheilung nothwendig ist, nahe zu kommen, wenn man die nach Tabelle I. dieser Erdgattung nächst kommende Ladung Nr. 5 annimmt, welche auf die Kub.-Klafter 16 Pfd. 28 Loth anzeigt und deren Ladungs-Coefficient $g = 0,141$ ist. Dem zufolge wird wie vorher:

$$r' = w' = \sqrt[3]{\frac{1}{g}} = \sqrt[3]{\frac{3000}{0,141}} = \sqrt[3]{21276} = 27,7$$

beinahe 28'.

Es liegt daher der erzeugte Trichterhalbmesser nach der angenommenen Ladung des Erdreichs um 5' ausserhalb des durch die Berechnung gefundenen Trichterhalbmessers der gleichseitigen Mine 1, 0, 2, Fig. 27 und 28.

Unterirdische Wirkung im Horizonte des Ofens.

Bei den ungleichen Entfernungen der Galerie vom Ofen E Fig. 26 und der beinahe gleichen Länge des Einsturzes derselben, kann nur angenommen werden, dass das Erdreich unter sich nicht gleichartig war, sonst liesse es sich nicht erklären, wie die 42' vom Ofen entfernte Nordgalerie J, C auf dieselbe Länge von 24' eingestürzt worden wäre, wie die nur 30' von dem Ofen entfernte Südgalerie. Man dürfte der Wahrheit nahe kommen, wenn man aus den 4 angegebenen Entfernungen der Einsturzenenden vom Ofen, nämlich: 48', 43', 40' und 38' die mittlere arithmetisch proportionirte Zahl von 42,25 setzt, nach welchem das Verhältniss des Einsturzes im Horizonte des Ofens zur W. L. = 42,25 : 12 beinahe wird, $3\frac{1}{2} : 1$ sich gestaltet und nicht wie 4 : 1.

Schreiten wir nun zur Untersuchung der Wirkungen unter dem Horizonte des Ofens:

Im Vorhinein muss bemerkt werden, dass Fig. 28 der aus dem Brunnen J geführten Galerie Y, F ein Fall von 18" beigelegt wurde, den sie, nach den angegebenen Daten, nicht haben konnte, wie aus Folgendem erhellet:

Da die Oberfläche des Erdreichs von A nach B einen Fall von 4' hat, so wird bei der grössern Entfernung 3, J der Unterschied der Höhe von 3 bis J mindestens 2', was übersehen zu sein scheint. Nun ist der Unterschied von 2' + der Brunnentiefe von 29' unter der Oberfläche des Erdreichs = 31'. Die W. L. = 12', die Tiefe der Galerie-
decke unter dem Ofen = 14' und die Galeriehöhe von 5' gibt zusammen ebenfalls 31'. Es ist demnach die Galerie horizontal, was bemerkt werden muss, theils weil E, H, Z ein rechtwinkliges Dreieck ist, dessen Katheten E, H und H, Z sind, woraus die Länge des Einsturzes E, Z gefunden wird, theils weil die Wirkung des Ofens auf eine horizontale und nicht auf eine fallende Galerie sich erstreckte. Setzt man wie bei den gleichseitigen Minen voraus: dass die Gränze der Einsturzsphäre in der Oberfläche einer Elypsoide liege, deren erste Achse a, die Abscisse x und die Ordinate y bekannt, so kann b, die zweite Achse oder die Tiefe des Einsturzes, unter dem Ofen aus der Gleichung zur Elypse

$$y^2 = \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2) \text{ gefunden werden, indem}$$

$$b = \sqrt{\frac{a^2 y^2}{a^2 - x^2}} \text{ sein wird. Setzt man die}$$

Werthe:

$$a = 42',25; x = 36'; y = 14',$$

so erhält man:

$$b = \sqrt{726} = 26',96 \text{ beinahe} = 27'.$$

Rechnet man die Tiefe des Ofens unter der Oberfläche des Erdreichs mit 12' hinzu, so erhält man den Einsturz der Galerien unter der Oberfläche des Erdreichs mit 38',34; weicht also von den durch Belidor angegebenen Tiefe von 38' unter dem Horizont des Ofens und 50' unter dem Horizonte des Erdreiches um 11',66, also sehr beträchtlich ab.

Der Irrthum bei der Angabe Belidor's liegt darin: dass derselbe den Explosionshalbmesser auch für die vertikale Wirkung, und somit die Gränze der Einsturzsphäre als die Oberfläche einer Kugel, anstatt der einer Elypsoide annahm, welche Voraussetzung nach neuern Erfahrungen ungegründet ist.

Belidor fügt annoch die praktische Regel bei: „dass zur Ladung so viel mal 3 Ctr. Pulver gegeben werden müsse, als die W. L. Fuss enthält;“ und ferner: um vom Globe einen guten Gebrauch zu machen, hat man anerkannt: dass der Ofen auf die Tiefe der Sohle der Galerien dergestalt angelegt werden müsse, dass

die am weitesten entfernten Galerien beinahe das Vierfache dieser nämlichen Tiefe beträgt. Mit der angegebenen Ladung würde sodann ein Trichterdurchmesser von der beiläufig sechsfachen W. L. und eine unterirdische Wirkung bis auf 4 W. Linien Entfernung vom Ofen nach ihrer grössten Wirkungsgränze erreichen.“

Sowohl der angeführten Regel als der Schlussfolge wird gegenwärtig bei richtigeren Bestimmungen keine Folge mehr gegeben.

Versuch zu Verdun 1759.

§. 86. (Fig. 29 30, 31. Taf. II.)

Der Versuch zu Verdun, ebenfalls unter der Leitung Belidor's ausgeführt, enthält die Angaben über die Beschaffenheit und eigenthümliche Schwere des Erdreiches. Er dürfte daher in dieser Hinsicht mehr geeignet sein, als die zwei angeführten Versuche zu Lafere und Bizi, um Schlussfolgen darauf zu bauen, zumal da auch eine Galerie in einer horizontalen Entfernung von 54' und unter dem Horizonte des Ofens 12'6" tief ausgeführt wurde.

In einer braunen fetten und zähen Erde, wovon der Kubikfuss in 20' Tiefe 135 Pfund alt französisches Gewicht wog, und unter welcher Tiefe sich eine Lage Flusssand ohne Haltbarkeit mit Kiessteinen vermengt befand, wurden Fig. 27, 28 und 29 auf dem Glacis vor der Bastion St. Maur zwei Brunnen A und B von 27' Sohlentiefe abgeteuft und eine Enveloppe G auf eben diese Tiefe von 27' ausgearbeitet. Senkrecht auf diese Enveloppe-Galerie und aus den zwei Brunnen A und B trieb man zwei Galerien H 20' lang, welche eben so wie die Enveloppegalerie 5' zur Höhe und 3' zur Breite hatten, jedoch mit ihren Sohlen 13' über die der Brunnen A und B und der Enveloppe-Galerie, mithin 14' mit ihren Sohlen unter der Oberfläche des Glacis lagen.

Aus der linkseitigen Galerie H wurde mittelst einer Wendung von 5° Länge ein Zweig, und mittelst eines Schlundes von 6' Länge, beide mit 2' 6" Höhe und 2' Breite, ein Ofen O angelegt, welcher 14'6" W. L. 4000 Pfund französisches Gewicht Pulverladung erhielt und 60' von den beiden Galerien H entfernt lag. Die Enveloppengalerie G hatte die horizontale Entfernung 0,1 = 54'; die vertikale Sohlentiefe war 1,3 = 12'6"; mithin lag der nächste 5' 6" äussere Deckenpunkt 2 nach der schiefen Richtung 0,2 = 54',68 vom Ofen O entfernt.

Die unter einer W. L. von 14'6" mit 4000 Pfd. Pulver geladene Mine O erzeugte nach ihrer Zündung einen völlig ausgeleerten Trichter, der 64' zum Durchmesser und 21' zur Tiefe hatte.

Die von der Mitte des Ofens in geneigter Richtung, 54'68 Entfernung und mit ihrer Decke 7'0" unter dem Horizonte des Ofens liegende Enveloppegalerie G wurde in ihrer Mitte auf eine Länge von 36' eingedrückt.

Die zwei in ihrer Sohle mit dem Mittelpunkt des Ofens O gleich hoch und auf 60' Entfernung liegenden Galerien H wurden eingedrückt; (es ist aber nicht gesagt, auf welche Länge.)

Aus diesem Versuche ist zu entnehmen, dass bei einer dergleichen starken Ladung und grössern W. L. (wie jene bei dem Versuche zu Bizi) Galerien, die unter dem Horizonte des Ofens nach einem Winkel liegen, der nicht zu beträchtlich ist, nahe der vierfachen W. L. eingestürzt werden.

Da die Ausdehnung der unterirdischen Wirkung im Horizont des Ofens nicht angegeben ist, indem es sich nur darum zu handeln schien, die Wirkung auf eine Flanquegalerie unter dem Horizonte zu erheben, so kann sich auch die Untersuchung nur auf die oberirdische und auf die unterirdische Wirkung unter dem Ofen und seitwärts derselben in der Flanke liegenden Galerie beschränken.

§. 87. (Fig. 29. Taf. II.)

Oberirdische Wirkungs - Untersuchung.

Bei diesem durchgängig gleichartigen Erdreich wird auch der Trichterhalbmesser zur W. L. sich verhalten wie

$$r : w = 32 : 14,5 = 2,2 : 1.$$

Die beschriebene Erdgattung, wovon der Kubikfuss 135 Pfund wiegt, ist nicht genau in der Ladungstabelle I. enthalten. Die nächst angränzende ist die Nr. 5 mit dem Gewichte von 133 Pfd., deren Ladung auf die Kubikklafter mit 16 Pfd. 28 Loth angezeigt ist. Man kann also nicht viel fehlen, wenn für die Ladung der beschriebenen Erdgattung 17 Pfd. gesetzt wird, deren Ladungs-Coefficient $g = 0.142$ ist.

Es wird daher die W. L. der gleichseitigen Mine, welche der Ladung von 4000 Pfund Pulver entspricht, oder:

$$w' = \sqrt[3]{\frac{1}{g}} = \sqrt[3]{\frac{4000}{0,142}} = \sqrt[3]{28159} = 30,4;$$

und ferner da:

$$30,4 < 32,$$

so liegt der erzeugte Trichterhalbmesser um 1'6 beinahe 1'7" ausserhalb des der gleichseitigen Mine entsprechenden Trichterhalbmessers.

Die unterirdische Wirkung im Horizonte des Ofens lässt sich nicht ermitteln, da die Längen der Einstürze der zwei Galerien H, Figur 29, von Gillot nicht angegeben sind; und eben so wenig die Ausdehnung der unterirdischen Wirkung unter dem Horizonte des Ofens, nachdem die erste Achse a, oder die Entfernung vom Ofen bis an das Ende des Einsturzes unbekannt ist, und nur x und y gegeben sind, mithin auch die Gleichung für

$$b = \sqrt{\frac{a^2 y}{a^2 - x^2}}$$

nicht aufgelöst werden kann.

Schweidnitz, 1762.

§. 88.

Die Resultate der vier stark geladenen Minen bei dem unterirdischen Kriege im Jahre 1762 können, im Getümmel der Belagerung erhoben, nur zur beiläufigen Beurtheilung der oberirdischen Wirkung dienen, da die Angaben für die unterirdischen Wirkungen zu mangelhaft sind. Aber weder in den Ladungen, noch in den W. L., noch in den Trichterhalbmessern stimmen die französischen mit jenen von Tielke überein. Man wird jene von Tielke geben, der ein genaues Tagebuch über diese merkwürdige Belagerung führte. Selbst von diesen gesprengten 4 Minen wird man nur die erste und vierte in Betracht ziehen, da die Angaben der Ladung von der zweiten Mine um 403 Pfd. abweichen, und die dritte Mine nicht ihre volle, sondern nur eine verkürzte Verdämmung erhielt.

Bei den nur annähernd gegebenen Resultaten glaubt man auch den Unterschied des alt französischen und preussischen Masses und Gewichts ausser Acht lassen zu können. Dennoch wird es nicht überflüssig sein, dasselbe nach Vega's Mass und Gewichtsvergleichen hier anzugeben:

1 Pariser oder Fortificationsfuss = 1,035 preussisch.

1 alt Pariser Pfd. = 1,046 preussisch.

Die erste stark geladene Mine hatte zur Ladung 5000 Pfd., zur W. L. beinahe 15' und zum Trichterdurchmesser nach L e f e b u r e, welcher die

Belagerungsarbeiten leitete, 84'; mithin zum Halbmesser 42'; beinahe das Dreifache der W. L.

Die W. L. der gleichseitigen Mine, welche der Ladung von 5000 Pfd. im gewöhnlichen Erdreich entspricht, ist = 37'; daher wird das Verhältniss des erzeugten Trichterhalbmessers zur W. L. der der Ladung entsprechenden gleichseitigen Mine, da $r = w$,

$$r : w' = 42 : 37 = 7 : 6 \text{ beinahe;}$$

und der erzeugte Trichterhalbmesser liegt 7' ausserhalb jenem der zugehörigen gleichseitigen Mine.

Die vierte stark geladene Mine wurde ebenfalls mit 5000 Pfund Pulver geladen, hatte zur W. L. 24' und erzeugte einen Trichterdurchmesser von 72'; daher der Halbmesser = 36' und das Verhältniss von

$$r : w = 36 : 24 = 1\frac{1}{2} : 1$$

und: da der Trichterhalbmesser der entsprechenden gleichseitigen Mine = 37' ist, so wäre für diesen Fall der erzeugte Trichterhalbmesser um 1' kleiner, und läge innerhalb dem der gleichseitigen Mine. —

Diese nicht zu wissenschaftlichen Erhebungen, sondern im ernstesten wirklichen unterirdischen Angriff bei der Belagerung von Schweidnitz ausgeführten Sprengungen der stark geladenen Minen geben, wenn auch die angegebenen Resultate nicht als ganz verlässlich angenommen werden können, dennoch die unläugbare Thatsache, dass stärkere Ladungen wie die der gegebenen W. L. zugehörigen, grössere Trichterhalbmesser als diese erzeugen, und dass somit die unterirdischen Wirkungen ebenfalls weiter reichen werden, als die zu den gleichseitigen Minen erhobenen. Ferner, dass — wenigstens nach diesen Angaben. — die meisten Trichterhalbmesser ausserhalb jener der denselben Ladungen der gleichseitigen Minen zugehörigen W. L. oder ihrer gleichen Trichterhalbmesser liegen. Es handelt sich nur darum: „Um wie viel?“

Zu dieser Lösung führt man die Theorie von Lebrun an, welche vom *Comité du genie* von den bis jetzt erschienenen Theorien als die entsprechendste anerkannt, vom französischen Genie-Corps auch allgemein angenommen wurde, und die sich auf die Theorie des Ladungscoefficienten g bezieht. Die frühere Theorie, die Lebrun mit Gumpertz gemeinschaftlich verfassten, wird man nur in so weit anführen, als es zur Erläuterung und Anwen-

dung der Ladungsformel nach der Theorie des gestutzten Kegels nöthig wird.

§. 89. (Fig. 32, 33. Taf. III.)

Wäre Fig. 32 L' die Ladung einer Mine, die in dem Punkt 0 angebracht, einen Trichter tagt, dessen Halbmesser $AB = r > w$ ist, so wird die nämliche Ladung auch einen gleichseitigen Trichter DFK Fig. 33 tagen, wenn dieselbe in einem gewissen Punkte K unter einer W. L. = w' angebracht wird. Der Punkt K wird durch die W. L. w' und die Formel

$$L' = g w'^3$$

gefunden, nach welcher

$$w' = \sqrt[3]{\frac{L'}{g}} \text{ ist.}$$

Trägt man nun Fig. 32 und 33 aus den Punkten 0 und K^{IV} den Trichter einer gleichseitigen Mine für die W. L. w auf und theilt dann die Unterschiede CA und EF der Trichterhalbmesser AB und FD in gleiche Theile, vereinigt sodann in Fig. 32 die Theilungspunkte l, p, m , mit dem Mittelpunkt der Ladung 0, und zieht Fig. 33 aus den Theilungspunkten l', p', m' , mit EK^{IV} die Gleichlautenden, so werden durch $B, l, O — B, p, o — B, m, o$ die Trichter der stark geladenen Minen von den Halbmessern B, l ; B, p ; B, m ; und durch D, l', K''' ; D, p', K' die Trichter der gleichseitigen Minen von den Halbmessern D, l' ; D, p' ; D, m' vorgestellt.

Weil aber die Ladung $g w^3$, in den Punkten O und K^{IV} angebracht, die gleichen und gleichseitigen Trichter B, C, O und D, E, K^{IV} erzeugen, so wird die Ladung L' den Trichtern B, A, O und D, E, K^{IV} entsprechen, und man kann ohne einen in der Anwendung empfindlichen Fehler zu begehen, annehmen: dass auch die Ladungen der zwischen diesen Gränzen gelegenen gleichseitigen Trichter: D, m', K' ; D, p', K'' ; D, l', K''' jenen Ladungen gleich sein werden, welche in dem Punkt O und unter der W. L. w angebracht, die verlangten Trichter B, m, O ; B, p, O oder B, l, O erzeugen sollen, deren Halbmesser nämlich durch die entsprechenden Theilungspunkte l, p, m der proportionirten Theile von C, A und E, F bestimmt wird.

Setzt man daher $C, A = A$ und $E, F = B$; beide Linien aber veränderlich voraus, so wird, weil diese Linien in proportionirte Theile getheilt

sind, für jede zwei der entsprechenden Theilungen p und p', wenn man zugleich:

$Bp = r$ und $Dp' = w''$ setzt, sich verhalten:

$$r - w : w'' - w = A : B \text{ und}$$

$$w' - w = (r - w) \frac{B}{A}.$$

$$w' = (r - w) \frac{B}{A} + w.$$

Setzt man das Verhältniss des Trichterhalbmessers zur W. L. $\frac{r}{w} = n$; so ist:

$$r = nw; \text{ und man erhält:}$$

$$w' = \frac{B}{A} (nw - w) + w = \frac{B}{A} (n-1) w + w = w \left[(n-1) \times \frac{B}{A} + 1. \right]$$

Wird nun dieser Werth von w' in die Gleichung (1) substituirt, so wird:

$$2) \quad L' = g w^3 \left[(n-1) \frac{B}{A} + 1. \right]$$

Da g , w und n als bekannt vorausgesetzt werden, so ist nur das Verhältniss $B : A$ zu suchen.

Um dieses Verhältniss $B : A$ zu finden, nahm Lebrun die Ergebnisse eines angeblichen Minenversuches, nach welchem ein stark geladener Ofen unter einer W. L. von 12' in einem Erdreich, welches 12 Pfd. alt französ. Gewicht auf die Kubik-Klafter zur Ladung erforderte und mit 3660 Pfd. Pulver geladen, einen Trichter erzeugte, dessen Halbmesser 36' lang war.

Diese Ladung entspricht aber einer gleichseitigen Mine von 33' W. L. Es ist daher $w'' - w = B = 21'$; und $r - w = A = 24'$; mithin:

$$\frac{B}{A} = \frac{21}{24} = \frac{7}{8} = 0,875.$$

Durch Vergleichung der nach Substituierung des obigen Werthes für $\frac{B}{A}$ in der Gleichung (2) erhaltenen Ladungen mit jenen, welche bei den Versuchen zu Lafere, Bizy, Potsdam, Verdun und bei der Belagerung von Schweidnitz wirklich angewendet wurden, will Lebrun sich später überzeugt haben, dass der Werth für $\frac{B}{A}$ oben zu klein gefunden wurde, weil vielleicht die Ladung von 3660 Pfd. Pulver einen Trichter von nicht vollen 36' Halbmesser erzeugt haben dürfte; daher derselbe anrath, in der Formel (2) anstatt des obigen Werthes von 0,875 die Zahl 0,91 zu setzen.

Die Gleichung (2) erhält demnach folgende Gestalt:

$$L' = g w^3 [(n-1) \times 0,91 + 1]^3$$

$$L' = g w^3 [(0,91)n - 0,91 + 1]^3$$

$$L' = g w^3 [(0,91)n + 0,09]^3.$$

Und weil $g w^3$ der Ausdruck für die Ladung der gleichseitigen Mine für die W. L. w ist, so wird:

$$L' = L [(0,91)n + 0,09]^3.$$

Man erhält demnach allgemein die Ladung einer stark geladenen Mine, für welche die W. L. und der Trichterhalbmesser gegeben sind: wenn man zuerst die Ladung für die gegebene W. L. der stark zu ladenden Mine die Ladung der gleichseitigen Mine sucht, und diese Ladung mit $[(0,91)n + 0,09]^3$ multiplicirt.

§. 90. (Fig. 32, 33. Taf. III.)

Die frühere Formel, welche Lebrun mit Gumpertz nach der Theorie des gestutzten Kegels aufstellte, unterscheidet sich bei denselben Grundsätzen, „dass die stark geladene Mine einer gleichseitigen mit derselben Ladung gleich gesetzt werden kann, und die gleichen Theile der erwähnten Unterschiede der stark geladenen Minen zu jenen der gleichseitigen Minen in einem Verhältniss wie 8:7 stehen,“ nur dadurch: dass in dieser frühern Formel Fig. 32 und 33 die Ladung für die W. L. D, K der gleichseitigen Mine F, K, F gesucht und nach dieser die Pulverladung bestimmt wird, welche der stark geladenen Mine A, O, A zugehörige ist; während nach der spätern Formel von Lebrun die Ladung zur W. L. B, O der gleichseitigen Mine C, O, C gesucht und diese mit dem Faktor $[(0,91)n + 0,09]^3$ multiplicirt wird, wobei Lebrun das Verhältniss der Trichterhalbmesser des Unterschiedes der stark geladenen zur gleichseitigen Mine = 8:7 oder = 1:0,875 in jenes von 1:091 verwandelte.

§. 91. (Fig. 32, 33. Taf. III.)

Die Formel nach Gumpertz und Lebrun wurde folgendermassen bestimmt:

Weil nach vorigem Fig. 32 und 33 die Theile zwischen A und C der stark geladenen Minen zu den Theilen zwischen F und E der gleichseitigen Minen sich verhalten wie 8:7, so findet man die W. L. der gleichseitigen Mine, deren Ladung der stark geladenen Mine gleich ist, wenn man den Unterschied des Trichterhalbmessers und der W. L. der stark geladenen Mine durch 8 dividirt und den

Quotienten von dem Trichterhalbmesser abzieht, welcher Rest sodann die W. L. der verlangten gleichseitigen Mine gibt.

Nennt man für diese, um sie von der vorigen zu unterscheiden, den Trichterhalbmesser A, B der stark geladenen Mine: R; die W. L. B, O:W, die W. L. der entsprechenden gleichseitigen Mine: W'; so wird:

$$W' = R - \left(\frac{W-R}{8} \right)$$

und die zugehörige Ladung:

$$L' = \frac{\frac{1}{8} W'^3 P}{216}$$

Die Formeln für die stark geladenen Minen können nur für jene angenommen werden, deren Trichterhalbmesser die dreifache W. L. nicht übersteigen, welche als die grösste Ausdehnung anzusehen ist, die erwartet werden kann.

Nicht minder darf die W. L. nicht geringer als 12' sein, indem sonst das Erdreich noch vor der gänzlichen Entzündung des Pulvers geöffnet und der Explosionskörper schon ausgeworfen sein würde, bevor noch das Pulver seine volle Wirkung entwickelt hätte.

§. 92.

Man wird nun die oberirdische Wirkung der stark geladenen Minen nach den angegebenen Versuchen und die von Lebrun aufgestellte Formeln, die sich ebenfalls auf einen angeblichen Versuch von Belidor beziehen, näher in's Auge fassen, und zwar besonders im Vergleich des erzeugten Trichterhalbmessers zur W. L. der entsprechenden gleichseitigen Mine.

Beachtet man den Versuch zu Lafere, so ist der erzeugte Trichterhalbmesser . . . = 22',5; die W. L. der entsprechenden gleich-

seitigen Mine . . . = 22'; können daher in der Ausführung als gleich angenommen werden.

Bei dem Versuche zu Bizi ist der erzeugte Trichterhalbmesser um 5' grösser als die W. L. der entsprechenden gleichseitigen Mine, liegt also ausserhalb des Trichterhalbmessers dieser gleichseitigen Mine.

Bei dem Versuche zu Verdun liegt ebenfalls der erzeugte Trichterhalbmesser ausserhalb des der entsprechenden gleichseitigen Mine, und zwar um 1' 7".

Die Ergebnisse von Schweidnitz können zu einer genauern Vergleichung nicht als Anhaltspunkt dienen.

Aus den Resultaten der Versuche von Lafere, Bizi und Verdun ergäbe sich also: dass der erzeugte Trichterhalbmesser gleich oder grösser ist, als die W. L. der entsprechenden gleichseitigen Mine.

Es wäre somit durch die Erfahrung dem durch die Theorie aufgestellten Grundsatz widersprochen, „dass stark geladene Minen ob ihres geringern ersten Widerstandes des Erdreichs mindere Trichterhalbmesser erzeugen werden, wie die gleichseitigen mit derselben Ladung.“

Allein neuere Erfahrungen stellen die aus den älteren Versuchen gezogenen Schlussfolgen mindestens in Zweifel, zu welchem Behufe man nur einen der in jüngster Zeit vorgenommenen Versuche anführen wird.

§. 93. (Fig. 34, 35. Taf. III.)

Den 28. September 1848 wurde bei Olmütz ein Versuch zum Unterricht der Mineurschüler mit dem vollsten Fleiss und Genauigkeit ausgeführt und dessen Resultate gewissenhaft erhoben und angegeben. Er bezog sich nur auf die oberirdische Wirkung der gleichseitigen und stark geladenen Minen mit derselben Ladung, aber unter verschiedenen Widerstandslinien.

Das Erdreich bestand aus feuchtem Sande mit Lehm gemischt, dessen mittleres Gewicht 114,7 Pfd. Wienergewicht für den Kubikfuss ergab. Der Ladungscoefficient g wurde mit 0,117 angenommen.

Das Pulver schlug durchschnittlich 40 Grade, und die danach berechnete Ladung der gleichseitigen Mine I. Fig. 34 von 15' W. L. zu 395 Pfd. W. G. bestimmt.

Die Mine II. wurde zu derselben Ladung von 395 Pfd. unter einer W. L. von 13' 6", und die Mine III. unter einer W. L. von 12' in demselben Erdreich und mit derselben Ladung angelegt.

Man übergehet aber die Mine II., da ihre Tiefe zu wenig von der gleichseitigen unterschieden ist.

Die gleichseitige Mine Nr. I. 1, D, 2 zur W. L. von 15' erzeugte einen Trichterhalbmesser 0,3 oder 0,4, von 16' 11" 5". Es scheint daher, dass der Ladungscoefficient $g = 0,117$ zu gross angenommen wurde, und allem Anscheine nach

wäre jener $g = 0,110$, den man früher zu geben beabsichtigte, der mehr entsprechende gewesen, da die Versuche, welche man im Jahre 1849 hinsichtlich der Ladungscoefficienten ausführte, unter denselben Umständen mit 0,084 wieder kleinere Trichterhalbmesser als die W. L. ergaben.

Der Ofen III. Fig. 35 zur W. L. von 12' und der Ladung zur W. L. von 15' ist eine stark geladene Mine. Er erzeugte beinahe den Trichterhalbmesser 0,3 oder 0,4 der entsprechenden gleichseitigen Mine von 15' W. L. von 16' 9"; war also nur um 2" 5" kleiner als der der gleichseitigen Mine, welches als gleichbedeutend anzusehen ist. Die Erdgarbe stieg aber höher, der Ausbruch war heftiger und die Erde wurde in viel kleinere Stücke zertrümmert, als es bei der gleichseitigen Mine der Fall war.

Wenn nun auch der geringe Unterschied der W. L. der gleichseitigen und stark geladenen Minen von nur 3' noch keineswegs eine ganz sichere Norm für die stark geladenen Minen gibt, so ist dennoch wahrzunehmen, dass der Trichterhalbmesser der stark geladenen Mine jenen der gleichseitigen nicht überschritt. Es sind daher die abweichenden Angaben der französischen Mineure mit den erhobenen Resultaten der österreichischen Mineure näher zu prüfen.

Belidor, dem man alle Anerkennung für die der Wissenschaft geleisteten Dienste im vollen Masse anerkennt, dürfte denn doch eingenommen, vielleicht sogar begeistert für sein neu aufgestelltes, durch die Erfahrung bestätigtes Princip, „dass bei derselben W. L. stärkere Ladungen, als die der gleichseitigen Minen entsprechende, auch grössere Trichterhalbmesser und eine grössere unterirdische Wirkung erzeugen werden“ — die erzeugten Trichterhalbmesser nicht zu klein, wohl eher zu gross angegeben haben, da die bestimmte Gränze des Trichterkreises ohnehin oft abweichender Beurtheilung anheimgestellt bleibt.

Diese so ausgedehnt angegebenen Wirkungen wurden schon von Lebrun und andern französischen Mineuren in Zweifel gezogen, und Lebrun hat auch dieserwegen in seiner neuen Formel anstatt der Zahl 0,875 jene 0,91 zu setzen sich bemüssiget gesehen, indem er zur Ursache angibt: „dass der erzeugte Trichterhalbmesser zu 3660 Pfd. Pulverladung vielleicht die dreifache W. L. nicht ganz erreicht haben möchte.“

Wenn nun Lebrun diese Vergrösserung der Ladung annimmt, die sich wenigstens auf keine uns hekannte Thatsache gründet, so hätte er ebenfalls auch noch einen Schritt weiter gehen, und wie Hauser in „den Minen und dem unterirdischen Krieg“ es gethan hat, die Ladung der stark geladenen Minen nach dem zu erzeugenden Trichterhalbmesser einfach $l = gr^3$ setzen können.

Wären aber die französischen Versuche in der That genau, so bliebe beinahe keine Erklärung über diese scheinbare Anomalie übrig, als: dass die Ladung, welche beinahe um das Acht- bis Zehnfache der gleichseitigen Mine vermehrt wird, bei deren Entzündung eine dergestalt gesteigerte Hitze und mit dieser eine Ausdehnung der Pulvergase erzeugt, welche, wie schon Schröder beobachtet haben will, das Verhältniss der Ladungen zu den Würfeln der Widerstandslinien übersteigt.

Es mag nun aber die eine oder die andere Ansicht über diesen Gegenstand geltend gemacht werden, so ist es für die Praxis von keiner grossen Wesenheit, welche von den drei gegebenen Formeln man annimmt, da sie wenig voneinander abweichen.

Hat man mit dem Pulver hauszuhalten, so wird man die erste Formel nach Gumpertz und Lebrun, allwo

$$w = R \left(\frac{R - w}{8} \right) \text{ und}$$

$$l = \frac{11}{216} w^3 P; \text{ oder die zweite Formel}$$

von Lebrun:

$$L' = L [(0,09)n + 0,09]^3,$$

oder endlich bei hinlänglichem Pulvervorrath nach Hauser die einfache Formel:

$$L = gr^3 \text{ anwenden können.}$$

§. 94.

Man übergehet die anderweitigen Formeln von Dobenheim, Müller, Mouzé etc., welche letztern ohnehin nicht mit der Erfahrung übereinstimmen, und führt nur noch die Formel Marescôt's an, welche, wie die erstgenannten zwei wenig von den Resultaten, die nach Lebrun's Formel gefunden werden, abweicht und sehr einfach ist.

Marescôt gibt an, durch mehrfältige Versuche gefunden zu haben: „dass die Pulverladungen der Minen sich verhalten wie

die Quadrate der Trichterhalbmesser in die Explosionshalbmesser.“ — Dieser aufgestellte Lehrsatz ist der Theorie nach zwar nicht ganz richtig, da nur ähnliche Minen sich also verhalten; für die Ausführung zur Bestimmung der Ladungen dürfte er aber sehr entsprechend sein, da die Pulverkräfte durch die Explosionshalbmesser angezeigt sind. — Diesemnach verhält sich:

$$L : L' = R^2 T : r^2 t; \text{ daher}$$

$$L' = \frac{L r^2 t}{R^2 T} = \frac{L}{R^2 T} \times r^2 t.$$

Bei einer gleichseitigen Mine von 10' W. L. im gewöhnlichen Erdreiche ist $L = 100$ Pfd. und $T = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} = 14,14$.

$$\frac{L}{R^2 T} = \frac{100}{1000 \times 14,14} = \frac{1}{14}; \text{ folglich:}$$

$$L' = \frac{1}{14} r^2 t.$$

§. 95.

Bei der von Lebrun aufgestellten Ladungsformel für stark geladene Minen $L = L' [(0.91)n + 0.09]$ ist der Trichterhalbmesser $r = w [(0.91)n + 0.09]$ oder die oberirdische Wirkung festgestellt. In der Regel werden aber die stark geladenen Minen im unterirdischen Krieg von dem Angreifer gegen die Galerien und hohlen Räume der Vertheidigungsminen angewendet, um dieselben in einer grössern Entfernung einzustürzen, als es der Vertheidiger zu hindern vermag, der, um nicht seine eigenen Galerien zu vernichten oder zu beschädigen, keine so starke Ladungen geben kann, wie der Angreifer.

Dieser grosse Vortheil, den der Angreifer über den Vertheidiger voraus hat, ist es auch, dass die unterirdische möglichst ausgedehnte Wirkung mit Sicherheit zu erreichen, der wesentlichste Zweck der stark geladenen Mine ist.

Die bekannten ältern Versuche ergeben aber gerade bei den stark geladenen keine so verlässlichen Resultate, wie die der gleichseitigen Minen, und die in neuerer Zeit ausgeführten unterliegen noch so manchen Bedenklichkeiten, dass man nicht wagt, daraus verlässliche Schlussfolgerungen herzuleiten. Es erübrigt daher nur die Lebrun'schen Formeln für die unterirdischen Wirkungen anzugeben, und mit dem Versuch zu Bizi zu vergleichen, welcher Versuch noch die meisten Anhaltspunkte liefert, indem die andern entweder keine genaue Massen über die Entfernungen vom

Ofen bis an das Ende der Einstürze der Galerie liefern, oder andern Bedenklichkeiten unterliegen.

Lebrun gibt die Formeln für die unterirdische Wirkung den stark geladenen Minen analog mit den gleichseitigen:

den Halbmesser des Einsturzkreises im Horizonte

1) des Ofens

$$r' = w\sqrt{2} [(0.09)n + 0.09]$$

2) den Friabilitätshalbmesser

$$r'' = \frac{1}{4} w [(0.091)n + 0.09].$$

Für die unterirdischen Wirkungen unter dem Horizonte des Ofens, die wieder durch die Oberflächen von Ellipsoiden bestimmt werden, und zwar: deren erste halbe Achse a für den

3) Einsturz r' , oder $a = \sqrt{2} [(0.91)n + 0.09]$

4) für die Friabilität oder $a' = \frac{1}{4} w [(0.91)n + 0.09]$

5) für die zweite halbe Achse b ist für

$$\text{den Einsturz} \quad b = w [(0.91)n + 0.09]$$

6) für die zweite halbe Achse b' ist für

$$\text{die Friabilität} \quad b' = w\sqrt{2} [(0.91)n + 0.09]$$

Setzt man in diese Formeln für den Versuch zu Bizi ihre Werthe: $w = 12'$; $r = 33'$; $n = 2,75$; $w\sqrt{2} = 16,968$, angenommen für $17'$; und $\frac{1}{4}w = 21'$; so erhält man:

für den unterirdischen Einsturz im Ho-

$$\text{rizonte des Ofens} \quad a = 17 \times 2,59 = 44'$$

für den unterirdischen Einsturz unter

$$\text{dem Horizonte des Ofens} \quad b = 12 \times 2,59 = 31'$$

für den Friabilitätskreis im Horizonte

$$\text{des Ofens} \quad a' = 21 \times 2,59 = 54', 39$$

für die zweite Achse der Friabilität unter

$$\text{dem Horizonte des Ofens} \quad b' = 17 \times 2,59 = 44'$$

§. 96. (Fig. 28, 18, 19. Taf. II. u. I.)

Vergleicht man die im vorhergehenden §. 95 aus den Formeln von Lebrun erhaltenen Resultate mit den wirklichen zu Bizi, so ersieht man:

1) Dass der unterirdische Einsturz der Galerien im Horizonte des Ofens der nach besagter Formel berechneten Entfernung der Galerie vom Ofen mit $44'$ der ausgemittelten proportionirten wirklichen Entfernung von $42', 25$ so nahe kommt, als es für die Ausführung nothwendig ist und erwartet werden kann.

2) Dass der Einsturz unter dem Horizonte des Ofens für die zweite Achse b mit $31', 08$ von der aus der Formel $b = \sqrt{\frac{a^2 y^2}{a^2 - x^2}}$ gleich der er-

haltenen Tiefe $b = 27'$ um beinahe $4'$ abweicht. Diese Abweichung ist in der Natur des vorhandenen Erdreichs begründet und konnte nicht anders sich gestalten.

Man wird bei der Beschreibung des Versuches zu Bizi sich gegenwärtig halten, dass Fig. 28 das Erdreich bei der Ausarbeitung der Galerie Y, F von solcher Festigkeit angetroffen wurde, dass es nur mit Zuhilfenahme des Meissels bearbeitet werden konnte. Man kann daher folgerecht annehmen, dass: wenn das Erdreich unter dem Ofen von derselben geringeren Festigkeit wie jenes im Horizonte des Ofens gewesen, oder: das Erdreich im Horizonte des Ofens die grössere Festigkeit desjenigen unter dem Ofen gehabt hätte, der Einsturz der Galerie von H bis Z im ersten Falle sich weiter als bis $36'$ hätte ausdehnen müssen; oder im zweiten Falle die Ausdehnung der Wirkung im Horizonte des Ofens geringer wie p. p. $42,25$ hätte stattfinden müssen,

In der That: setzt man den Einsturz der Galerien im Horizonte des Ofens in dem festern Erdreich unter demselben voraus und derselbe hätte sich anstatt in die p. p. Entfernung von $42,25$ nur auf $40'$ erstreckt, so erhält man: für $a = 40'$; $x = 36'$; $y = 14'$

$$b = \sqrt{\frac{a^2 y^2}{a^2 - x^2}} = b \sqrt{1031} = 32',$$

Schwach geladene Minen.

§. 97. (Fig. 36. Taf. III.)

Vermindert man Fig. 36 die Pulverladung einer gleichseitigen Mine 1 O 3, so werden sich auch die Trichterhalbmesser 1, 2 und 1, 3 vermindern, weil das Pulver nicht mehr die Kraft besitzt, den ganzen Explosionskörper 2 O 3 auszuwerfen. Dasselbe geschieht, wenn man die Ladung der gleichseitigen Mine von O nach O' in eine grössere Tiefe versenkt; die Pulverkraft wird ebenfalls nicht im Stande sein, die Trichterhalbmesser 1, 2 und 1, 3 zu erzeugen. Wird die W. L. $1, O' = \sqrt{2}$, so kann die der gleichseitigen Mine 2 O 3 zugehörige Ladung keinen Trichter mehr, sondern nur eine Calotte 4, 5, 6 tagen.

Vertieft man den Ofen O bis $O'' = \frac{1}{4} w = 1,75 w$, so wird auch keine Calotte mehr erzeugt, sondern das Erdreich nur Risse erhalten,

welche Zahl mit der aus der Lebrun'schen Formel gefundenen $31',08$ dermassen übereinstimmt, dass sie für die Ausführung als gleich angenommen werden können.

Dieser Vergleich zeigt, dass: bis nicht neuere Versuche vielleicht noch nähere Daten angeben, oder die gegebenen bestätigen, man die Formeln von Lebrun für die stark geladenen Minen mit Vertrauen zu folgen, sich berechtigt fühlen dürfte.

Ungeachtet dessen wird man wohl daran thun, bei ersten Gelegenheiten, wie im unterirdischen Kriege, die Ausdehnung des Einsturzes der feindlichen Galerien im Horizonte des Ofens, als den berücksichtigungswürdigsten, sich nur auf die Länge des Explosionshalbmessers zu beschränken, denn eine nicht erfüllte Erwartung könnte oft ernstliche Folgen nach sich ziehen.

Die Berechnung über die Länge des Einsturzes e Fig. 18 und 19 der feindlichen Galerie und der Entfernung d bei den stark geladenen Minen, sowohl im Horizonte des Ofens, als unter demselben, hat nichts Besonderes, und wird mit Benützung des Faktors $[(0.91) n + 0.09]$ und mit Hinblick auf die Fig. 18 und 19 ganz in derselben Weise bewerkstelliget, wie jene bei den gleichseitigen Minen.

und die oberirdische Wirkung kann als Null angesehen werden.

Man übergeht die Bestimmung der Ladungen nach Schröder's Annäherungsberechnung und gibt nur die viel einfachere und mehr anwendbare von Lebrun.

§. 98. (Fig. 37, 38. Taf. III.)

Sind Fig. 37 und 38 die Oefen C und J zu gleichseitigen und gleichen Minen A, B, C und E, F, J, so sind es auch ihre W. Linien B, C und F, J, und die Trichterhalbmesser B, A und E, F = w. Es sei $D, B = r = n w < B, A$, und die gleichseitige Mine K, F, M jene, deren Trichterhalbmesser K, F und W. L. $F, M = w'$ ist, und durch dieselbe Ladung erzeugt, welche in C die schwach geladene Mine D, B, C gibt.

Theilt man A, D und E, K in gleiche oder pro-

portionirte Theile und nimmt für die Ausführung als hinlänglich genau an: dass die Trichter, welche in beiden Figuren 37 und 38 durch die gegenseitig sich entsprechenden Theilungspunkte bestimmt sind, durch gleiche Ladungen erzeugt würden, so wird für jede der zwei correspondirenden Theilungspunkte p und p', s und s', wenn man D, B = r = w'; A, D = a; E, K = b setzt:

$w - r : w - w' = a : b$ sich verhalten.

$w - w' = \frac{b}{a} (w - r)$, und:

$$w' = w - \frac{b}{a} (w - r) = w \left(1 - \frac{b}{a}\right) + \frac{b}{a} r.$$

Setzt man $r = nw$, so wird:

$$w' = w \left(1 - \frac{b}{a} + \frac{b}{a} n\right) = w \left(1 + (n-1) \frac{b}{a}\right).$$

Es ist aber die Ladung $l' = gw^3$ für die W. L. w' ; für w' den Werth gesetzt, so wird:

$$1) l' = gw^3 \left(1 + (n-1) \frac{b}{a}\right)^3 = l \left(1 + (n-1) \frac{b}{a}\right)^3$$

Setzt man nun, um den Werth von $\frac{b}{a}$ zu finden, den Trichterhalbmesser $r = 0$, so wird auch n und $nw = 0$, und

$$l' = l \left(1 - \frac{b}{a}\right)^3.$$

Nun tagt die gleichseitige Mine unter $\frac{1}{4}w'$ keinen Trichter mehr; es wird daher unter dieser Voraussetzung $w = \frac{1}{4}w'$ und da:

$l' = gw^3 \left(\frac{4}{3}\right)^3$; $gw^3 = l$; so ist auch $l' = l \left(\frac{4}{3}\right)^3$; und nachdem:

$$l' = l \left(1 - \frac{b}{a}\right)^3; \text{ so wird}$$

$$l' \left(\frac{4}{3}\right)^3 = l \left(1 - \frac{b}{a}\right)^3; \frac{4}{3} = 1 - \frac{b}{a},$$

und endlich:

$$\frac{b}{a} = 1 - \frac{4}{3} = \frac{2}{3}.$$

Setzt man nun in obiger Gleichung 1):

$l' = \left(1 + (n-1) \frac{b}{a}\right)^3$ den Werth von $\frac{b}{a}$, so erhält man:

$$2) l' = l \left(1 + (n-1) \frac{2}{3}\right)^3 = l \left(\frac{3n+4}{3}\right)^3;$$

oder den allgemeinen Ausdruck jeder schwach geladenen Mine bis zur Gränze der Dampfminen, in welchen l die Ladung einer gleichseitigen Mine von der W. L. der schwach geladenen; n aber das Verhältniss $\frac{r}{w}$ des Trichterhalbmessers zur W. L. der schwach geladenen Mine ausdrückt.

§, 99.

Analog wie bei den stark geladenen Minen wird im Horizonte

1) des Ofens der Halbmesser des Ein-

$$\text{sturzkreises} \quad , \quad . \quad . \quad . \quad r' = w \sqrt{2 \left(\frac{3n+4}{7}\right)};$$

2) der Halbmesser des Friabilitätskreises

$$r'' = \frac{1}{4} w \left(\frac{3n+4}{7}\right).$$

Unter dem Horizonte des Ofens wird der

3) Halbmesser des Einsturzes für die erste

$$\text{Achse der Elypse } r' \text{ oder } a, a = \sqrt{2 \left(\frac{3n+4}{7}\right)};$$

4) Jener für die Friabilität oder

$$a' = \frac{1}{4} w \left(\frac{3n+4}{7}\right);$$

5) für die zweite halbe Achse wird für

$$\text{den Einsturz} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad b = w \left(\frac{3n+4}{7}\right);$$

für die zweite halbe Achse für die

$$\text{Friabilität} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad b = w \sqrt{2 \left(\frac{3n+4}{7}\right)}.$$

§. 100.

Die schwach geladenen Minen erzeugen um so mehr Trichterhalbmesser von unbestimmter Begränzung als $\frac{r}{w} = n$ kleiner wird, daher auch Lebrun sagt: dass n nicht kleiner als 0,75 angenommen werden soll, wenn noch ein Trichter erzeugt werden soll. Für $n = 0,5$ wird die Erde zwar ausgeworfen, fällt aber wieder in den Trichter zurück und füllt ihn vollkommen wieder aus.

Was die Formeln im vorigen §. 99 1) bis 6) betrifft, so dürften sie durch Versuche noch einer Bestätigung oder Berichtigung unterzogen werden, denn: bei der unterirdischen Wirkung der schwach geladenen Minen muss dieselbe bei der grössern Widerstandslinie und dem grössern Erdwiderstand sich unfehlbar auch unterirdisch mehr ausbreiten wie bei den gleichseitigen, von welchen die Wirkungen zur Grundlage genommen sind. Bis dahin als man diese Versuche entbehren muss, können aber immerhin die angegebenen Formeln angenommen werden.

Dampfminen (Camouflets).

§. 101. (Fig. 36. Taf. III.)

Wird Fig. 36 die Pulverladung einer gleichseitigen Mine 2 O 3 bis O'' auf $\frac{1}{4}$ W. L. versenkt, so erzeugt sie nach der allgemeinen Annahme auf der Oberfläche des Erdreichs keine Wirkung mehr, und die Tiefe von O'' zeigt die Gränze zwischen den schwach geladenen und den Dampfminen; und da dieselbe Ladung wohl tiefer aber nicht höher als O'' angebracht werden kann, um noch eine Dampfmine und keine schwach geladene Mine zu erzeugen, so wird die Mine O'', welche $\frac{1}{4}$ w unter der Oberfläche des Erdreichs liegt, die grösste Dampfmine sein, die man gewöhnlich: Dampfmine im Maximum nennt.

Man wird die Ladungsberechnung für diese Dampfminen oder Quetscher nach Boutault, der sie Lebrun entnommen, geben und das nöthig Erachtete beifügen.

§. 102. (Fig. 39. Taf. III.)

Es wäre Fig. 39 w die Tiefe der Dampfmine unter der Oberfläche des Erdreichs; l die Ladung einer gleichseitigen Mine für die W. L. w; l' die Ladung einer Dampfmine, welche die äusserste Gränze ihrer unterirdischen Wirkung bis an den Punkt A der Erdoberfläche erstrecken soll, w' aber die W. L. einer gleichseitigen Mine im nämlichen Erdreiche für die Ladung l'.

Weil die Entfernung der äussersten Gränze der unterirdischen Wirkung von dem Mittelpunkte des Ofens O der Ladung l' gleich ist, so wird $\frac{1}{4} w' = w$, und

$$w' = \frac{4}{3} w.$$

Es ist aber auch $l' = g w^3$, wenn g der Coefficient der Ladung des Erdreiches ist. Wird in diesem Ausdruck der Werth von $w' = \frac{4}{3} w$ substituirt, so hat man:

$$l' = g w^3 \left(\frac{4}{3}\right)^3$$

Nun ist $g w^3$ die Ladung der gleichseitigen Mine für die W. L. w, welche mit l bezeichnet ist; mithin kann obiger Ausdruck auch folgende Gestalt erhalten:

$$l' = \left(\frac{4}{3}\right)^3$$

und wird der allgemeine Ausdruck für die Ladung der grössten Dampfmine, oder einer Dampfmine im Maximum sein.

Es ist aber $\left(\frac{4}{3}\right)^3 = 0,187$ nahe 0,2. Daher kann für die Ladung einer Dampfmine im Maximum $\frac{2}{10}$ der Ladung einer gleichseitigen gleich tief liegenden Mine im nämlichen Erdreich angenommen werden.

Soll nun durch eine Dampfmine eine im Horizonte des Ofens O liegende feindliche Galerie eingestürzt werden, deren Abstand vom Ofen O = d ist, so wäre nach Vorigem:

$$1) \quad l' = g d^3 \left(\frac{4}{3}\right)^3$$

Weil aber der Einsturz einer Galerie nicht an der äussersten Gränze der unterirdischen Wirkung erfolgt, so ist es für sich klar, dass dieser Werth für l' nur das Minimum der Ladung geben wird, und dass demnach diese Ladung verstärkt werden müsste, um die Galerie wirklich einzustürzen.

Liegt die einzustürzende Galerie einer aus dem Mittelpunkte der Ladung geführten Vertikal-ebene um den Abstand d tiefer als die Dampfmine, so ist:

$$w' \sqrt{2} = d' \text{ und } w' = \frac{d'}{\sqrt{2}}; \text{ und da}$$

$$l' = g d'^3 \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^3, \text{ so wird}$$

$$2) \quad g d'^3 \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^3 = g d'^3 \times 0,350$$

gleich dem Minimum der Ladung einer Dampfmine, welche die Galerie d' in vertikaler Richtung einstürzen soll.

§. 103. (Fig. 18, 39. Taf. I u. III.)

Der Ausdruck für die Formel 1) $l' = g d^3 \left(\frac{4}{3}\right)^3 = g d^3 \times 0,187$ ist für das Minimum im Horizonte des Ofens, oder Fig. 18 für die Entfernung O 1, allwo die Galerie A nicht wesentlich beschädigt wird. Es muss daher für einen wirklichen Einsturz verstärkt werden. Soll nun z. B. Fig. 18 der Einsturz auf die Länge w sich erstrecken, so muss die Ladung für die W. L. $w = w \sqrt{2}$ sein und wird daher, da $w \sqrt{2} > w$ ist, und Fig. 39 grösser als d ist, für das Maximum der Dampfmine zu gross und wird eine schwach geladene Mine.

Die Berechnung muss sodann auch nach der Formel $l' = l w^3 \sqrt{2} \left(\frac{3n+4}{4}\right)$ der schwach geladenen Mine geführt werden, um die vollständige verlangte Wirkung zu erlangen.

§. 104. (Fig. 39. Taf. III.)

Das entzündete Pulver übt rund um sich die gleiche Kraft aus, und wirkt nur dann nach derjenigen Seite mehr hin, wo es einen geringeren Widerstand findet, verliert aber auch nach der entgegengesetzten Seite und den andern Seiten, je nach ihrer Lage mehr oder minder an seiner Kraftentwicklung. So reicht nach der Erfahrung bei einer gleichseitigen Mine vertikal unter dem Ofen der Einsturz nur auf 1 W. L. = w , ist in dieser Richtung am kleinsten, wächst bis zum Horizonte des Ofens zu $w\sqrt{2}$ und für die Friabilität zu $\frac{1}{4}w$ an. Man kann daher folgerecht schliessen, dass sich die Wirkung über dem Horizonte des Ofens bis an die Oberfläche des Erdreichs in der Friabilität auf mehr als $\frac{1}{4}w$ ausdehnt.

Eine Dampfmine im Maximum darf aber gar keine oberirdische Wirkung äussern, wenn sie eine wirkliche Dampfmine sein soll; da aber nur die Erfahrung über die Ausdehnung der Friabilität nach aufwärts bis an die Oberfläche des Erdreichs das richtige Mass bestimmen kann, so ist man, bei dem Mangel hinlänglich genauer Versuche, einstweilen bemüssiget, die angenommene Gränze derselben, wo jede Wirkung auf der Oberfläche des Erdreichs aufhört mit $\frac{1}{4}w$ beizubehalten.

Angenommen nun, dass $\frac{1}{4}w$ die Gränze der unterirdischen Wirkung für das Maximum der Dampfmine sei, so wird Fig. 39 die Einsturz- und die Friabilitätssphäre, da das entzündete Pulver auf keiner Seite mehr Widerstand findet als auf der andern, auch keinen Theil seiner Ausdehnungskraft zum Nachtheil eines andern ausüben, und, da diese Kraft ganz im Innern des Erdreichs verbleibt, durch Kugeloberflächen für den Einsturz und die Friabilität begränzt werden, wenn das Erdreich, wie vorausgesetzt, gleichartig ist. Nachdem aber ein mit Sicherheit zu erwartendes Resultat von grosser Wichtigkeit in ernstlichen Gelegenheiten ist, und die Entfernungen d, d' nach Lebrun geringere Massen als die angeführten theoretischen Folgerungen angeben, so wird, bis man nicht durch Versuche eines Besseren belehrt wird, es wohlgethan sein, auf keine grössern Wirkungen, als Lebrun sie angibt, seine Erwartung zu spannen. Uebrigens wird die Ausdehnung der Wirkung einer Dampfmine im Innern des Erdreichs von der Dampfmine im Maximum an bis in welche immer für eine Tiefe versenkt, bei einem gleichartigen

Erdreich immer dieselbe bleiben, da sie, einmal in diese Tiefe versetzt, nach aufwärts nicht mehr als anders wohin wirken kann, mithin kein Grund vorhanden ist, bei einer grössern Tiefe auch eine grössere Wirkung zu erzielen, als die der Pulverkraft entspricht. —

§. 105.

Nach der Abhandlung über die gleichseitigen stark und schwach geladenen, und über die Dampfminen, wobei man vorzüglich die neuern Theorien von Lebrun benützte, findet man es dem Interesse der Minenwissenschaft entsprechend, die Berechnung des im Jahre 1845 als Professor der Befestigungskunst in der k. k. Ingenieur-Akademie angestellt gewesenen Herrn Ingenieur-Majors Wüstefeld beizufügen. Derselbe hat in der wohlbegründeten Annahme: dass die Gesetze der Natur beständig sind, und diesem gemäss auch in ihren Abstufungen folgen müssen, gesucht, für die gleichseitigen, stark und schwach geladenen Minengattungen eine einzige Formel, die mit der Erfahrung übereinstimmt, aufzufinden. Man erlaubt sich die so scharfsinnig durchgeführte Berechnung und darauf basirten Schlussfolgerungen in der ganzen Ausdehnung nach seinem Manuscripte anzuführen, wie folgt:

§. 106.

Diese Berechnung soll im Sinne Schröder's mit Vermeidung aller hypothetischen Theorien eine Formel ausfindig machen, welche gleichmässig für die schwach geladenen — die gleichseitigen und die stark geladenen Minen geeignet ist.

Setzt man für die gleichseitigen Minen:

$L = gw^3$, und für die wirkliche W. L. $w = 10$, die Reihen

- 1) $\begin{matrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 11 & 21 & 31 \end{matrix}$ die Ladungen.
- 2) $r = 0$ $\begin{matrix} 1' & 2' & 10' & 20' & 30' \end{matrix}$ die Trichterhalbmesser.
- 3) $\begin{matrix} w & w' & w' & w' & w' & w' \end{matrix}$ die gehörigen Widerstandslinien obiger Ladungen.

Sind die Glieder der Reihe (3) bekannt, so findet man für jedes andere W das gegebene Verhältniss:

$$n = \frac{R}{W} = \frac{r}{w}$$

des Trichterhalbmessers zur wirklichen W. L., da

$W': w' = W: w$ sich verhält. Setzt man $w = 10$, so wird:

$$4) \quad L = g W^3 = \frac{w'^3}{10}.$$

„Es handelt sich nun darum, aus der Erfahrung angegebene Glieder der Reihe 3) eine Formel aufzustellen, mittelst welcher jedes andere Glied der Reihe 3) bestimmt werden kann und, um ihre Brauchbarkeit darzuthun, die Nachweisung durch andere Erfahrungen die Richtigkeit dieser Formel durch ihre ermittelten Resultate zu bestätigen.

Die Erfahrung giebt nachfolgende Daten:

- 1) für $w = 10'$ und $r = 0$ ist . . . $w' = \frac{4}{5} w = 5', 7$
- 2) - $w = 10$ - $r = 10'$. . . $w' = 10'$
- 3) - $w = 10$ - $r = 20'$. . . $w' = 18', 75$
- 4) - $w = 10$ - $r = 30'$. . . $w' = 27', 5$

Annahme.

„Das allgemeine Glied der Reihe (3) habe diese Form:

$$5) \quad w' = a + br + cr^2 + cr^3 + dr^4 \dots$$

Diese Reihe (5) ist a für $r = 0$, und man erhält somit $a = 5', 7$.

Zur Bestimmung der übrigen Coefficienten $b, c, d \dots$ die nicht wie a von r unabhängig sein müssen, hat man noch 3 Glieder der Reihe (3), welche Bedingungs-Gleichungen geben, somit zur Bestimmung vom dritten Coefficienten hinreichen.

Es mus demnach mit dem 4. Glied der Reihe (5) abgebrochen werden.“

„Man erhält sofort die nachfolgenden Gleichungen:

Für $r = 10'$ das 11. Glied:

$$\frac{w'}{11} = 5,7 + 10b + 10^2c + 10^3d = 10';$$

für $r = 20'$ das 21. Glied:

$$\frac{w'}{21} = 5,7 + 20b + 20^2c + 20^3d = 18', 75;$$

für $r = 30$ das 31. Glied:

$$\frac{w'}{31} = 5,7 + 30b + 30^2c + 30^3d = 27', 5,$$

woraus $b = \frac{71}{1200} = 0,06$

$$c = \frac{276}{6000} = 0,0445$$

$$d = \frac{-89}{120000} = -0,00074 \text{ wird.}$$

Es ist sonach:

$$w' = 5,7 + r \left[0,06 + r \left(0,0445 - r \times 0,00074 \right) \right];$$

$$L = gw^3 \left[5,7 + r \left(0,06 + r \left(0,0445 - r \times 0,00074 \right) \right) \right],$$

und da $n = \frac{r}{w}$,

$$W' = W \left[0,57 + n(0,06 + n(0,0445 - 0,074n)) \right]$$

endlich:

$$6) \quad L = gw^3 \left[0,54 + n(0,06 + n(0,045 - 0,074n)) \right].$$

Nachweisung der Brauchbarkeit dieser Formel.

Erster Versuch zu Potsdam:

$$L = 3000; w = 15'; P = 12 \text{ Pfd.}$$

Man erhielt $nw = r = 33'$.

Hier ist $n = \frac{33}{15} = 2,2$; mithin nach 6)

$$L = 3039 \text{ Pfd.}$$

Zweiter Versuch zu Lafere 1732.

$$L = 1050 \text{ Pfd.}; w = w' P = 13\frac{1}{2} \text{ Pfd.}$$

Man erhielt $nw = r = 22', 5$.

Hier ist $n = \frac{22,5}{10} = 2,25$; mithin nach 6):

$$L = 1084 \text{ Pfd. beinahe.}$$

Dritter Versuch zu Tournay 1683.

$$L = 350 \text{ Pfd.}, w' = 21; P = 10,5 \text{ P.}$$

Man erhält $nw = 13'$.

Hier ist $n = \frac{13}{21}$; mithin nach 6):

$$L = 362 \text{ Pfd. beinahe,}$$

Fig. 40.

„Gränzen der Trennungs- und Friabilitätssphäre.

Nennt man Fig. 40 die wirkliche W. L. $0,1 = w$
 die der Ladung zugehörige W. L. . . . w'
 den Explosionshalbmesser $0,2 = T$,
 den horizontalen Halbmesser der Trennungssphäre $0,4 = H$
 den vertikalen Halbmesser $0,5 = h$
 den Friabilitätshalbmesser $0,3 = T'$
 „ „ „ „ „ $0,6 = H'$
 „ „ „ „ „ $0,7 = h'$;
 endlich wenn man den Trichterhalbmesser $r = 12$ nennt, $\frac{r}{w} = n$; daher . $1,2 = n$.

„Die Gränzen der Trennungssphäre sind im *manuel du mineur* wie folgt angegeben:

$$H = \frac{1}{4} w' \text{ und } h' = w' \sqrt{2}.$$

„Die Gränzen dieser Sphäre bleiben dieselben, gleich viel, ob die Ladung unter der gehörigen W. L. einer grössern oder kleinern wirke.

„Da für dieselbe Ladung L , $nw > w'$ und folglich auch $nw \sqrt{2} > w'$, so gäbe dieselbe Ladung unter einer kleinern W. L. eine grössere unterirdische Wirkung.

„Diese Angabe ist augenscheinlich unrichtig, wenigstens nicht für alle Minengattungen wahr (abgesehen davon, dass die Trennungssphäre als Sphäre der sichern Wirkung in keinem Falle die dort angegebenen Gränzen erreichen [könne, in-

dem diese vielmehr nur auf die Gränzen der möglichen Wirkung, das ist auf die Friabilitätssphäre zu beziehen und zwar für jene Werthe $H = w' \sqrt{2}$ und $h = w$ zu setzen wären).

„Die Versuche haben nämlich die Gränzen der Trennungs- und Friabilitätssphäre für die gleichseitigen Minen gegeben. Die Erfahrungen behufs der unterirdischen Wirkungen der stark geladenen Minen sind noch zu mangelhaft, um für sie eine Theorie gründen zu können; weil sich aber bis nun keine bedeutenden Differenzen gegen die unterirdischen Wirkungen der gleichseitigen Minen von derselben Ladung herausstellten, so hat man ohne weiteres bei gleicher Ladung: „die unterirdische Wirkung der stark und schwach geladenen Minen jener der gleichseitigen gleich angenommen.“

§. 107.

Die allgemeinen Eigenschaften der Minenladungen und ihrer Wirkungen werden von genanntem Herrn Professor wie folgt, zusammengestellt:

Es unterliegt keinem Zweifel:

- 1) Bei unbegrenztem Medium haben beide Sphären die Kugelgestalt.
- 2) Ist das Medium nach einer Seite durch eine Ebene (wir wollen sie hier horizontal annehmen) begränzt, so wird nach dieser Seite hin der Widerstand geringer, die Wirkung grösser.
- 3) Die Sphären verlieren die Kugelgestalt, sie platten sich nach unten ab und erweitern sich nach oben.
- 4) Die Wirkung reicht am weitesten nach der Vertikalen des Minenmittelpunktes, in der Richtung nach aufwärts.
- 5) Die Wirkung ist am kleinsten in der ihr gerade entgegengesetzten Richtung abwärts. Nach allen andern Richtungen reicht sie weiter als in dieser.
- 6) Eine Explosion findet erst dann statt, wenn die Trennungssphäre von der Begränzungsebene des Mediums durchschnitten wird.
- 7) Der grösste Halbmesser der Trennungssphäre ist der Explosionshalbmesser T .
- 8) Der grösste Halbmesser der Friabilität: der Friabilitätshalbmesser T' .
- 9) Bei einerlei Ladung ist die unterirdische Wirkung die kleinste, wenn $n = \left(\frac{r}{w}\right)$ seinen grössten Werth erreicht hat; sie wird:

10) immer grösser, je kleiner n oder je grösser w wird. —

11) Die Zunahme schreitet fort, auch nachdem $n = 0$ geworden, (mit der Vergrösserung von w .)

12) Die eigentliche Kugelgestalt werden die genannten Sphären nie annehmen; doch werden sie sich ihr mit dem wachsenden w immer mehr nähern. (?)

Aus dem Gesagten folgt:

- 1) H kann höchstens = T ,
 H' - - - - - = T'

gesetzt werden.

- 2) Für gleichseitige Minen ist dann $H = w' \sqrt{2}$
- stark geladene - - - $n < w' \sqrt{2}$
- schwach geladene - - - $n > w' \sqrt{2}$.

Sollte man nicht berechtigt sein, anzunehmen: dass für die drei genannten Minengattungen stets dasselbe Verhältniss zwischen H , T und h ist, und eben so zwischen H' , T' und h' stattfinden müsse?

Man fände dann:

- 1) $H = T = w \sqrt{1+n^2}$, und erhielte;

$$2) h = T = w \sqrt{\left(\frac{1+n^2}{2}\right)}$$

$$3) h' = T = w \sqrt{1+n^2}$$

ferner: da für gleichseitige Minen $1, 3 = R = \frac{3}{2} w'$, sonach:

$$T' = \frac{w'}{2} \sqrt{R}$$

und wegen

$$T : T' = w' \sqrt{2} : w' \sqrt{R} = \sqrt{2} : \frac{1}{2} \sqrt{R};$$

$$4) H' = T' = \frac{T}{2} \sqrt{\frac{R}{2}} = \frac{w}{4} \sqrt{R(1+n^2)},$$

sonach für gleichseitige Minen in Uebereinstimmung mit der gewöhnlichen Annahme:

$$1 a.) T = w' \sqrt{2} = H.$$

$$2 a.) h = w'.$$

$$3 a.) h' = w' \sqrt{2}.$$

$$4 a.) T' = \frac{w'}{2} \sqrt{R} = H.$$

Für stark geladene Minen, und zwar für

$$n = 3 \dots n = 1.$$

$$H = T = 1,1w' \dots 1,4w'.$$

$$h = 0,81w \dots w'.$$

$$h' = 1,1w' \dots 1,4w',$$

$$H' = T' = 1,46w = 1,8w'.$$

Endlich für schwach geladene Minen, wenn die Gränzwerte $n=1 \dots n=0$; von

$$H = T' \dots = 1,4w' \dots 1,75w',$$

$$\begin{aligned} h & \dots = w' \dots 1,24w, \\ h' & \dots = 1,4w' \dots 1,75w', \\ H' = T' & \dots = 1,8w' \dots 2,37w'. \end{aligned}$$

Während demnach zufolge der gewöhnlichen Annahme die unterirdische Wirkung der Ladung L an der gehörigen W. L. w' stets dieselbe bleibt, gleichviel ob sie als gleichseitige, stark oder schwach geladene Mine wirke, gibt obige Hypothese die kleinste unterirdische Wirkung für das grösste n; die grösste Wirkung für das kleinste n; die stark

geladenen Minen haben (bei derselben Ladung) eine kleinere, die schwach geladenen Minen eine grössere unterirdische Wirkung.“

(Der Berechnung ist die oben entwickelte Formel : $w' = w [0,57 + w (0,06 + n (0,445 - n (0,74)))]$ zu Grundn gelegt.)“

Und folgerecht kann man noch beifügen: dass auch die Dampfminen eine grössere unterirdische Wirkung als die schwach geladenen Minen haben werden, wie bereits früher gezeigt wurde.

Accolirte oder ineinander greifende Minen.

§. 108. (Fig. 41. Taf. III.)

Legt man Fig. 41 zwei gleichseitige Minen A und B unter gleichen Widerstandslinien und um die doppelte W. L. von einander entfernt an, so werden sie, gehörig verdammt und gleichzeitig gezündet, mit ihren Trichterrändern sich tangiren. Wird aber eine der beiden Minen A früher wie jene B gezündet, so erschüttert sie das Erdreich rund um sich und löset dessen Festigkeit und den Zusammenhang bis nahe $\frac{1}{4}$ W. L. auf; daher wird die später gezündete Mine B ihre Richtung gegen die früher gesprengte Mine A nehmen und der Trichterrand 5,6,7,8 nach 4,8,3,7 verrückt werden.

Sollen daher beide gleichseitigen Minen A und B von der gleichen Ladung gleiche Wirkung haben und ihre Trichterränder sich tangiren, so müssen sie gleichzeitig gezündet werden.

Ist man in der Lage, nur eine Mine um die andere sprengen zu können, und es soll dennoch der Raum 3,6 in dem Trichter mitbegriffen sein, so muss die Pulverladung der letztgezündeten Mine verstärkt werden.

Diese Verstärkung richtet sich nach dem Erdreich, den Umständen und dem zu erreichenden Zwecke, daher dieselbe nur an Ort und Stelle bestimmt werden kann.

§. 109. (Fig. 42, 43. Taf. III.)

Beabsichtigt man, anstatt eines runden, einen langen der elyptischen Form nahe kommenden Trichter zu erzeugen, so muss je nach dem Endzweck entweder die Pulverladung verstärkt, oder es müssen die Oefen näher als auf die zweifache Entfernung ihrer Widerstandslinien gelegt werden, damit die Trichter ineinander greifen und dadurch einen

vollkommen ausgeleerten Trichter und eine grössere Wirkung erzeugen.

Nach Schröder's Versuchen wurden in einem sandigen, mit Lehm gemischten Erdreiche Fig. 42 unter einer W. L. von 8' und einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$ W. L. oder 10' 8", vier stark geladene Minen angelegt, wovon jede 72 Pfd. Pulver Wiener Gewicht zur Ladung erhielt, und um $\frac{2}{3}$ ihres Trichterhalbmessers ineinander griffen.

Bei der gleichzeitigen Zündung dieser 4 Minen war der Ausbruch ziemlich heftig, die Minengarbe stieg auf 24' bis 30' Höhe; die Durchmesser und ihre bezüglichen Halbmesser waren verschieden, und die mittleren die grössten, weil dort die Pulverkräfte zusammen wirkten; auch lagen die grössern gegen die Seite A der Verdämmung, weil diese nicht so gut wie das unberührte Erdreich widersteht.

Bei einem andern Versuche in einer ähnlichen, nur etwas minder festen Erdgattung wurden Fig. 43 abermals 4 Oefen e, f, g, h unter 8' W. L. und in einer Entfernung von 12' angelegt, welche daher die Hälfte ihrer W. L. ineinander griffen. Die Ladung war wie vorhin 72 Pfund Pulver W. G. Die Zündung geschah gleichzeitig, der Ausbruch war nicht so heftig, die Garbe stieg nur auf 18 bis 24', was man ganz natürlich fand, da die Oefen weiter wie die vorigen auseinander lagen, mithin mehr Erde auszuwerfen hatten; jedoch waren besonders die mittleren Durchmesser hinsichtlich des etwas minder festen Erdreichs sowohl, als auch, weil sie nicht so stark ineinander wirkten, grösser wie die im vorigen Versuche, auch die grössern Trichterhalbmesser wieder gegen die Verdämmung nach B gerichtet.

§. 110. (Fig. 44, 45. Taf. III.)

Wenn accolirte Minen bei ihrer vollen und selbst verstärkten Pulverladung die Gefahr mit sich führen, dass sie die nahe neben- oder unter ihnen liegenden Galerien einstürzen, und diese können nicht verdammt werden, so dürfen in solchen Fällen die accolirten Minen weder die ganzen und um so weniger verstärkte Ladungen erhalten. Um dieser Gefahr zu entgehen, kann es nothwendig werden, „dass die Pulverladungen eines jeden Trichters bis zu jenen Theilen des Kubikmasses vermindert werden müssen, welche bei den nebenliegenden Trichtern bereits in die Rechnung genommen wurden.“

Es seien diesem zufolge Fig. 44 die zwei Kammern O und P von gleichseitigen Minen unter gleichen W. L., welche von ihrem Trennungspunkt bis nun zur Hälfte, oder bis zu den Mittelpunkten ihrer Trichter ineinander greifen, mithin die Entfernung der Kammer O und P höchstens bis auf eine W. L. sich nähert, so werden die zugehörigen Explosionskörper den Körper C, D, J, E, K gemein haben, daher: wenn beide die gerechte Ladung erhalten, nur die diesem Körper zukommende Ladung zu viel erhalten, oder jede einzelne um die Hälfte davon.

Es handelt sich nun darum, den körperlichen Inhalt von einer Hälfte des Körpers C, D, J, E, K zu finden, um danach die dazu gehörige Ladung von der ganzen gerechten Ladung der Kammern O und P abziehen zu können.

Führt man durch den Punkt C eine senkrechte Ebene C, K, J auf die Grundfläche E, J, D, K, so wird sie, da C, D und C, E gleich sind, den Körper C, K, E, J, D und auch die Grundfläche E, J, D, K in zwei gleiche Theile schneiden, wovon Fig. 45 jede dieser Hälften eine Klaue F, A, B, G bildet. Der körperliche Inhalt dieser Klaue ist aber gleich der Pyramide L, A, B, G weniger der Pyramide L, A, B, F, welche Pyramiden erhalten werden, wenn man die Seiten des gestutzten Kegels bis an seine Spitze L. verlängert.

Die Pyramide L, A, B, G ist gleich der Grundfläche A, B, G $\times \frac{P V}{3}$; und die Pyramide L, A, B, F ist gleich der hyperbolischen Grundfläche F, A, B $\times \frac{P V}{3}$.

Setzt man die Entfernung T, P der Klaue vom Mittelpunkt T = a, den Trichterhalbmesser = r; die halbe Sehne A, P = $\sqrt{r^2 - a^2} = c$, sonach A, B = 2c; so findet man auch den Abschnitt A, B, G = M, indem man den Kreisausschnitt A, T, B, G und das Dreieck A, T, B berechnet, und letzteres von dem erstern abzieht. Und da J, X = $\frac{r}{2}$, so ist auch:

$$T, X = w = \frac{TL}{2}; \text{ oder } T, L = 2w = 2r.$$

Daher die Pyramide

$$L, A, B, G = M \times \frac{2r}{3} = \frac{2r}{3} M.$$

Es ist nun zur Pyramide L, A, B, F die Grundfläche oder die Hyperbel N zu suchen. Nachdem aber der Flächeninhalt der Hyperbel nur durch einen sehr zusammengesetzten Ausdruck dargestellt werden kann, und für die Ausführung es hinlänglich ist, wenn man anstatt des Flächeninhaltes der Hyperbel (wie es auch Mouzé gethan) denjenigen der Parabel setzt, welche diese gleiche Abscisse und End-Ordinate hat, so wird: weil der Flächeninhalt dieser substituierenden Parabel gleich $\frac{2}{3}$ des ihr umschriebenen Rechteckes ist, $N = \frac{2}{3} \times 2c \times r$ oder $N = \frac{4}{3} cr$.

Daher die Pyramide L, T, B, A = $\frac{4}{3} cr \times \frac{a}{3} = \frac{4}{9} acr$; die Klaue F, A, B, G = $\frac{2}{3} r M - \frac{4}{9} acr = \frac{r}{3} (2M - \frac{4}{3} ac)$, und der ganze Körper Fig. 42 C, E, J, D, K = $\frac{2r}{3} (2M - \frac{4}{3} ac)$.

Wenn nun Fig. 43 die Kammer X zu einer Flügelmine gehört, so wird die einzige Klaue F, A, B, G; gehört sie aber zu einer Mittellmine, so wird die doppelte Klaue, oder der ganze Körper von dem Kubik-Inhalt des Explosionskörpers abgezogen, und für den Rest die zugehörige Ladung gefunden, indem man sie mit P oder der Ladung für die Kubik-Klafter multipliziert.

Nach diesem wird, da $w = r$, die zugehörige Ladung für eine Flügelmine

$$= P \left(\frac{11}{6} p^3 - \frac{r}{3} (2M - \frac{4}{3} ac) \right); \text{ und}$$

für eine Mittellmine

$$= P \left(\frac{11}{6} p^3 - \frac{2r}{3} (2M - \frac{4}{3} ac) \right).$$

Greifen die Trichter weiter als bis zu ihrem Mittelpunkte ineinander, so wird Fig. 44 der Ursprung C der Hyperbel unter die Grundflächen CB

und CF fallen, somit Fig. 43 die kleine Klaue I, P, Q, F' abgezogen, und erst um diesen Rest der Explosionskörper vermindert werden.

Die Berechnung der kleinen Klaue geschieht ganz auf dieselbe Weise wie die der grossen.

Mouzé, Gumpertz und Lebrun geben berechnete Tafeln für den gemeinschaftlichen Körper nach den verschiedenen Ineinandergreifungen im Verhältniss zu dem Trichterhalbmesser. Der Einfachheit wegen gibt man hier nur jene des Gumpertz und Lebrun, und diese nur in jenen Bruchtheilen, wie der Gebrauch sie erfordert.

Tabelle für die accolirten Minen.

Accolirung des Trichter in Theil. d. Halb- messers.	Inhalt des ge- meinschaftli- chen Körpers	Accolirung des Trichter in Theil. d. Halb- messers.	Inhalt des ge- meinschaftli- chen Körpers	Accolirung des Trichter in Theil. d. Halb- messers.	Inhalt des ge- meinschaftli- chen Körpers
$\frac{1}{4}$ d. Halbm.	$\frac{1}{125} R^3$	$\frac{3}{4}$ d. Halbm.	$\frac{27}{125} R^3$	$1\frac{1}{2}$ d. Halbm.	$\frac{27}{8} R^3$
$\frac{1}{3}$ „ „	$\frac{1}{27} R^3$	1 „ „	$\frac{8}{27} R^3$	$1\frac{2}{3}$ „ „	$\frac{8}{27} R^3$
$\frac{1}{2}$ „ „	$\frac{1}{8} R^3$	$1\frac{1}{4}$ „ „	$\frac{125}{64} R^3$	$1\frac{3}{4}$ „ „	$\frac{27}{8} R^3$
$\frac{2}{3}$ „ „	$\frac{8}{27} R^3$	$1\frac{1}{2}$ „ „	$\frac{27}{8} R^3$		

Minen im hohlen Raume.

§. 111.

Die Kraft des Stosses setzt immer einen Raum voraus, durch welchen derselbe geschieht. Diese Kraft des Stosses ist mit jenem des Druckes kaum zu vergleichen. Eine Ziegelschaar mit guter Auflage trägt die grössten Lasten; ein mittelmässiger Stoss zertrümmert sie. Ist daher eine Minenkammer vollkommen verdammt, oder sitzt in einer Flinte die Kugel fest auf der Pulverladung, so kann im ersten Augenblicke der Zündung kein Stoss, sondern nur ein Druck stattfinden; jener wird nur nach und nach und erst dann auf die Kugel einwirken, wenn durch die anfängliche theilweise Entzündung des Pulvers die Kugel im Rohr einen Raum durchlaufen hat. Ist aber vor der Entzündung des Pulvers schon ein hohler Raum zwischen der Kugel und der Ladung, so wirkt dasselbe plötzlich gleich im ersten Augenblicke der Entzündung mit der Gewalt des Stosses auf alle Seiten, und zersprengt nicht selten das Rohr.

Diese Thatfachen unterliegen aber manchen Modificationen, um sie mit Vortheil auf die Minen anwenden zu können; denn nicht allein der mehr oder minder grosse leere Raum ist es, welcher um den Pulverkasten oder in demselben gelassen wird, der eine grössere Wirkung hervorbringt, sondern es sind andere Vorkommnisse, besonders die, die Pulverladung umgebenden und zu sprengenden Körper (Medien) zu berücksichtigen, ob sie fest oder locker, ob sie mehr oder minder elastisch sind, ob ihre Zähheit und Trägheit überwiegend ist, nicht zu gedenken der verschiedenen chemischen Einwirkungen, der Feuchte, Trockne, des mehr oder

minder kräftigen Widerstandes der umgebenden Körper, und dergleichen.

Diese Erwägungen dürften eine für alle Fälle passende Theorie schwerlich gestatten, und nur auf dem Wege vielfacher Erfahrungen und Versuche eine etwas sichere Beurtheilung zu erlangen sein.

§. 112. (Fig. 46—52. Taf. III.)

Der französische General Marescot hat in dem Jahre 1800 zu Mainz mehrere Versuche zu dem Ende ausgeführt, um zu ermitteln, wie vielmal der die Pulverladung umgebende hohle Raum dieselbe an körperlichem Inhalte übersteigen dürfe, um die grösstmögliche Wirkung zu erhalten, und welche Lage für den Pulverkasten in dieser Hinsicht am vortheilhaftesten sich darstellt. Er baute seine Theorie hauptsächlich darauf, dass die durch die Hitze des Pulvers stark ausgedehnte Luft ihre vermehrte elastische Kraft den durch das Pulver entwickelten Gasarten noch beifügen werde.

Die Ausführung dieser Versuche übergab General Marescot dem Mineur-Officier Breuille.

Am 30. Brumaire im Jahre VIII wurden Fig. 46, 47, 48 und 49 in einem gleichartigen Erdreich unter einer W. L. von 10' und Pulverladung von 100 Pfd. vier Minen angelegt, indem man zu jeder dieser Kammer mittelst eines Brunnens H Fig. 46 eines 15' langen Zweiges J, und einer 6' langen Wendung K gelangte, welche Minen nach erfolgter Ladung mittelst einer Zündwurst gezündet wurden.

Die Pulverkästen wurden genau nach der Ladung gemacht, so dass die Ladung dieselben ausfüllte. Die hohlen Kammern erhielten nachfolgende Ausmassen:

Fig. 46. Der Pulverkasten zur Seite 1' 3"; der Kammerraum A zur Seite 1' 3"; 1',952 Kub. Ms.

Fig. 47. Der Pulverkasten zur Seite 1' 3"; der Kammerraum B zur Seite 2'; 8',0 Kub. Mass.

Fig. 48. Der Pulverkasten zur Seite 1' 3"; der Kammerraum C zur Seite 2' 6"; 15',625'.

Fig. 49. Der Pulverkasten zur Seite 1' 3"; der Kammerraum D zur Seite 3'; 27',0 Kub. M.

Die Pulverkammern waren dergestalt angelegt, dass sie zur Hälfte unter der Sohle der Wendung, mithin ihre Oberfläche $7\frac{1}{2}$ Zoll oberhalb dieser sich befand.

Der Ofen A wurde nach der gewöhnlichen Art voll gehalten, um zum Vergleiche zu dienen. Er tagte einen Trichter, etwas grösser wie der einer gleichseitigen Mine, indem der Trichterdurchmesser 23' 6" betrug. Der Trichter hatte eine Tiefe von 4' und die Garbe stieg 30'. Die Erde ward auf 12' 6" Tiefe aufgewühlt.

Der Ofen B mit dem Kammerraum von 8 Kub.-Fuss, oder 2' zur Seite tagte einen Trichter von 22' 6" Durchmesser. Die Tiefe wird nicht angegeben, sondern nur erwähnt, dass die Erde tiefer gebrochen, und die Garbe höher stieg; auch fühlte man die innere Bewegung und Erschütterung etwas heftiger.

Der Ofen C mit dem Kammerraum von 15' 6 Kub. Mas., oder 2' 6" zur Seite, erzeugt einen Trichter von 25' 4" Durchmesser; derselbe war weniger ausgeleert. Die Garbe stieg minder hoch wie beide vorhergehenden. Die Erde wurde auf eine Tiefe von 13' 4" aufgewühlt. Die geringere Höhe der Garbe, und die geringere Trichterausleerung wird den festen Mergelmassen zugeschrieben.

Der Ofen D mit dem Kammerraum von 27' Kub. Mass und 3' zur Seite, tagte einen Trichter von 26' 6" Durchmesser, und 4' Tiefe. Die Garbe stieg bei günstigerem Erdreich höher wie bei den zwei vorhergehenden. Das Erdreich wurde auf 13' 6" tief gebrochen, und die innere Bewegung für heftiger wie bei den drei ersten Oefen gehalten.

General Marescot folgerte hieraus, dass dieser letzte Ofen von 27 Kubikfuss Kammerraum in seiner W.L. von 10' und Ladung von 100 Pfd. Pulver eine

Wirkung geäussert habe, welche einer W.L. von 13' und einer Pulverladung von 268 Pfd. entspricht, wenn die Kammer voll gehalten wird.

Um zu erfahren, bis auf welchen Punkt die Vergrösserung der unverdämmten Kammer statt finden kann, um die grösstmögliche Wirkung (würde besser heissen: grösst möglichen Trichter) zu erhalten, wurden diese Versuche im Winter desselben, und im Frühling des folgenden Jahres annoch fortgesetzt, und zwar in demselben Erdreich bei derselben Pulverladung von 100 Pfd. und W. L. von 10'.

Bei dem Ofen E mit dem Kammerraum von 216 Kubikfuss, und 6' zur Seite, wurde der Pulverkasten in dem obern Theil der Kammer dergestalt angelegt, dass dessen Mittelpunkt abermals 10' Tiefe unter der Erdoberfläche erhielt.

Die Mine tagte einen Trichter von 26' Durchmesser, die Garbe stieg nur 6' hoch, daher auch die Erde grösstentheils in den Trichter zurückfiel, und derselbe eine unbedeutende Tiefe erhielt.

Bei dem Ofen F ebenfalls mit einem Kammerraum von 216 Kubikfuss und 6' zur Seite, wurde der Pulverkasten auf die Sohle der Kammer gestellt, so zwar: dass sein Mittelpunkt ungefähr 15' tief unter der Erdoberfläche lag. Die Wirkung dieses Ofens war etwas stärker wie im vorhergehenden E, der Trichter war etwas mehr geleert, und erhielt einen Durchmesser von 27' 9".

Daraus schloss Marescot:

- 1) Dass die Wirkung des Pulvers ungeachtet des grossen hohlen Raumes, in welchem es gelegt, dennoch vermehrt wurde, weil diese zwei Oefen grössere Trichter erzeugten, als jene, welche durch voll gehaltene und ebenso stark geladene Oefen erzeugt worden wären.
- 2) Dass man in einer ähnlichen Disposition ein grösseres Resultat erhält, wenn man das Pulver in dem untern, statt in dem obern Theil der Kammer anbringt.

Endlich wünschte Marescot noch zu wissen, welches der kubische Raum wäre, welcher bei 10' W.L. und 100 Pfd. Pulverladung die grösste Wirkung erzeuge.

Diesem zufolge liess derselbe noch zwei Oefen errichten, wovon aber hier nur der eine G aufgenommen wurde, weil der 2te in einem andern Erdreich angebracht worden ist, das aus Sand, Kies und grossen Steinen bestand, welchem er auch das viel geringere Resultat beimisst und demnach diesen Versuch als Null betrachtet.

Der Ofen G hatte einen Kammerraum von 64 Kubikfuss oder 4' zur Seite; 10' W. L. und wie alle vorhergehenden 100 Pfd. Pulverladung.

Diese Mine erzeugte einen Trichterdurchmesser von 29' 1", dessen Tiefe bei einer Garbe von nur 8', auch nur unbedeutend genannt werden kann. Jedoch ist diess von allen sieben Versuchen der grösste Trichterdurchmesser.

§. 113.

Bei den angeführten Versuchen, welche zur Beurtheilung ausführlicher gegeben wurden, lassen sich mehrere Bemerkungen nicht beseitigen.

Diese Versuche können an und für sich nicht als erschöpfend betrachtet werden, denn sie beabsichtigten nur die oberirdische Wirkung, oder vielmehr einen grossen Trichterdurchmesser zu erzeugen, und geben keine unterirdischen Resultate, die mindestens eben so wichtig wie die oberirdischen sind. —

Um diese Versuche zu vervollständigen, sind Galerien sowohl im Horizonte der Kammer, als unter derselben nothwendig; denn ein grosser Trichter ist noch keine grosse Gesamtwirkung, und um jenen zu erhalten, ist aller Wahrscheinlichkeit nach diese aufgeopfert worden.

Bei den zweifelhaften nur für ein bestimmtes Erdreich und nur allein für grosse Trichter, nicht aber auf Gesamtwirkung vorgenommenen Versuchen, wären demnach selbe nebst den daraus gezogenen Folgerungen des General Marescot noch einer weitem Prüfung mit Versuchen zu unterziehen. Die deshalb in Frankreich späterhin angeordneten Versuche scheinen nicht so günstige Thatsachen gegeben zu haben.

§. 114.

Coutele, *Capitaine du génie* sagt in seinem *Mémoire* über den unterirdischen Krieg: „*Monsieur Marescot* in der Meinung, dass er der erste eine zur Vertheidigung des Staates so wichtige Ent-

deckung machte (worunter die Minen in hohlen Kammern verstanden sind!), erstattete dem *Institute de France* eine Anzeige, und erhielt von der Regierung die Bewilligung, neue Versuche zu machen.“

In der Folge wurde Mouzé, Stabs-Officier vom Genie-Corps und dazumal als der Erfahrenste in der Minenkunst angesehen, beauftragt, ähnliche Versuche im Jahre IX. (1800) auszuführen und zugleich darzuthun, ob das Verhältniss des leeren Raumes zum Volumen des Pulvers beständig sei. Aber zum grossen Erstaunen haben diese Versuche der allgemeinen Erwartung nicht entsprochen, und obwohl man die Trichter von in hohlen Räumen geladenen Minen grösser fand, so war diese Vergrösserung so unbedeutend, im Vergleich der in Mainz statt gefundenen, dass seit dieser Zeit und noch heut zu Tage die Ingenieure glauben, „Marescot habe irrige Thatsachen angegeben.“ Sie sind ferner der Meinung: dass das Pulver in den Minenöfen einem besonderen Gesetze folgt, dass der hohle Raum über die Ladung eine sehr geringe Wirkung mache, und dass, um diese zu erhalten, derselbe dem 3½fachen des Pulver-Volumens gleich sein müsse.

Ungeachtet dieser Aeusserung hat Kapitän Coutele dennoch in seinem dem Kriegsministerium eingereichten „*Mémoire* über die unterirdische Befestigung“ das Princip des hohlen Raumes oberhalb der Pulverladung bei den von ihm vorgeschlagenen Petarden angenommen, worauf ihm erwiedert wurde, wie folgt:

„Bericht.

Kriegsministerium, *Comité-central de Fortification*.“

4. Ueber den oberhalb dem Pulver zu belassenden hohlen Raum.“

Die Erfahrungen sind weit entfernt, sich mit der von dem Autor aufgestellten Meinung zu einigen, dass, wenn das Erdreich nicht zusammendrückbar ist, wegen des leeren Raumes die Entzündung vor dem Ausbruche vollkommener geschieht, und eine grössere Wirkung stattfindet. In der Relation über die im Jahre XII (1804) neuerdings in Metz durch Monsieur Breuille (denselben, welcher die Versuche zu Mainz ausführte), Gumpertz und Lebrun in einem viel festern Erdreich als das zu Mainz, nämlich wie 15 zu 9 ausgeführten Versuche, wird gegen die Meinung

Mr. Coutele geschlossen, dass die Vortheile der leeren Räume für die Wirkung der Oefen, und besonders bei starken Ladungen im lockern Erdreich so unbedeutend sind, dass man hierauf ganz verzichten könne.“

„Endlich haben auch bei diesen verschiedenen Versuchen so viele Widersprüche sich ergeben, dass man aus denselben keine Regel ableiten kann, um hierauf ein System zu gründen,“ *)

So viel ist nun aus diesen Versuchen und Verhandlungen abzunehmen, dass für Trichtermienen im zusammendrückbaren Erdreiche der grosse

Nutzen des hohlen Raumes um die Pulverladung noch sehr problematisch ist. Hingegen beweisen Thatsachen, welche Chasseloupe, Gumpertz und Lebrun angeben, so wie die von dem österreichischen Geniekorps zu Alessandrien in Piemont und anderen Orten ausgeführten Demolirungen und Versuche bei festen, weniger elastischen Mauern, allwo der erste Widerstand grösser ist, dass die hohlen Räume, zweckmässig angewendet, sehr gute Dienste leisteten, worüber das Weitere bei den Demolirungsminen vorkommen wird.

Minen mit verkürzter und hinweggelassener Verdämmung. (Unverdämmte Minen.)

§. 115.

Zeitgewinn ist im Kriege zu wichtig, als dass nicht bei all und jedem Vorkömmniss mit möglichster Anstrengung und Umsicht darauf hingearbeitet werden sollte. Derjenige Mineur, welcher seine Arbeiten in kürzerer Zeit ausführen kann, als sein Gegner, ist Sieger. Er zerstört die ihm feindlich gegenüber stehenden Galerien und Verbauungen, und verschüttet und tödtet seinen Feind. Dasselbe Loos hat er zu gewärtigen, wenn ihm sein Gegner zuvorkommt.

Sind die Minengänge bereits hergestellt, so hat sich der Vertheidiger nur mit der Behorchung, Ladung und Verdämmung zu beschäftigen; er kann mit Ruhe und Besonnenheit den Augenblick abwarten, in welchem er entweder eine kurze Strecke dem angreifenden Mineur entgegen gehen, oder eine schon vorbereitete Mine spielen lassen will.

Dieser Vortheil ist für den Vertheidiger zu gross, und für den Angreifer zu nachtheilig, als dass letzterer nicht trachten sollte, durch schnelle Arbeit und Anwendung aller Mittel den Vertheidiger dergestalt zu überraschen, dass ihm keine Zeit mehr übrig bleibt, Gegenvorkehrungen zu machen. Dieser gleichsam als ein Handstreich (*Coup de main*) zu betrachtende Angriff, geschieht hauptsächlich durch schnell aus den Verbauungen

im kleinsten Gevierte abgeteufte Brunnen und einer verstärkten unverdämmten Pulverladung, wodurch nicht nur die Zeit, welche die Verdämmung erfordert, sondern auch andere Vortheile gewonnen werden. Es wird daher wesentlich nothwendig, ausführlich zu erörtern, was die Theorie und die Erfahrungen über diesen Gegenstand bereits aufgestellt haben.

§. 116.

Verkürzt man die Verdämmung einer gleichseitigen Mine, so wird ein Theil der zur gehörigen Wirkung nothwendigen Pulverkraft durch die Ueberwältigung derselben entweichen, und die verlangte Wirkung kann mit der Pulvermenge, welche der gleichseitigen Mine zukommt, nicht mehr erreicht werden; verstärkt man aber die Pulverladung um den entsprechenden Theil, welcher die durch die zu kurze Verdämmung verlornen Kraft ersetzt, so kann dieselbe Wirkung hervorgebracht werden, als wenn bei der gehörigen Ladung der gleichseitigen Mine die Verdämmung ebenfalls gehörig gewesen wäre.

§. 117.

Die Verdämmungen, so wie die Pulverladungen, richten sich bei den gleichseitigen Minen nach den Widerstandslinien. Wird die Pulverladung verstärkt, so gehört sie auch zu einer grössern W. L. und also auch zu einer grössern Verdämmung, mithin ist diese zu kurz für die vermehrte Pulverladung. Daher ist es dasselbe, ob man bei einer bestimmten Pulverla-

*) Die Versuche bei den Demolirungen zu Alessandrien im Jahre 1815 mit hohlen Kammern gegen 6' entfernte Galerien geben ebenfalls so verschiedene Resultate, dass daraus keine Schlussfolgerungen gezogen werden konnten.

dung die Verdämmung vermindert, oder bei einer bestimmten Verdämmung die Pulverladung vermehrt.

§. 118.

Die Verminderung der herzustellenden Verdämmung kann bei vermehrter entsprechender Pulverladung immerhin bis auf Null stattfinden; es wird dennoch eine Verdämmung durch die atmosphärische Luftsäule bestehen, oder vielmehr erst erzeugt werden, indem die Luftsäule mit einer überaus grossen Geschwindigkeit durch die plötzliche Ausdehnung des entzündeten Pulvers weggedrückt, einen Widerstand leistet, welcher im Verhältniss zu dem Quadrate der Geschwindigkeit steht, mit welcher die Luft aus ihrer Lage gebracht wird.

Diese Geschwindigkeit ist, nach Robins, so gross, dass, wenn das entzündete Pulver einen nur 1000fachen grössern Raum, wie vor der Entzündung einnahm, sie in der ersten Sekunde nach der Entzündung derjenigen eines von der Höhe von 32,000 Fuss fallenden Körpers in der letzten Sekunde, oder 1400 Fuss gleich kommt.

§. 119.

Die Entzündung des Pulvers geschieht in einer so rasch steigenden Progression, dass sie bei der Vermehrung der Ladung um das Zwei-, Drei- und selbst Mehrfache beinahe in derselben Zeit vor sich geht als bei der einfachen Ladung.

Wenn nun nach dieser nicht ungegründeten Voraussetzung 1 Kubikfuss Pulver in einem Raum von beinahe 4000 Kubikfuss sich plötzlich ausdehnt, so werden 2 Kubikfuss Pulver in derselben Zeit und derselben, der atmosphärischen Luftsäule entgegenstehenden Quadratfläche die atmosphärische Luftsäule mit der zweifachen Geschwindigkeit wegstossen, daher der Luftwiderstand bei einer Ladung von 2 Kubikfuss Pulver gleich dem Quadrat dieser zweifachen Geschwindigkeit oder das Vierfache sein wird. Daraus folgt:

Dass durch eine gemässe Vermehrung der Pulverladung die herzustellende Verdämmung gänzlich erspart werden kann, wenn die Pulverladung dergestalt vermehrt wird, dass durch die Geschwindigkeit der Ausdehnung des entzündeten Pulvers der Widerstand

der atmosphärischen Luftsäule die Verdämmung ersetzt.

§. 120.

Es kommt nun darauf an, das Verhältniss der Vermehrung der Pulverladung bei verminderter oder gänzlich hinweggelassener Verdämmung aufzufinden, was nur im Wege der Erfahrung oder durch Versuche bewirkt werden kann. Es treten aber hierbei mehrere bedeutende Modificationen und Berücksichtigungen ein, dass es nothwendig wird, vorerst einige der hauptsächlichsten, welche bei den gänzlich unverdämmten Minen stattfinden, hier aufzuführen.

§. 121.

Die Ausdehnung der Wirkung des entzündeten Pulvers steht in der Regel im verkehrten Verhältnisse mit dem Raume, der es umgibt und in welchem es liegt. Daher wird eine bestimmte Pulvermenge, auf der freien Erde gezündet, die unvortheilhafteste Wirkung erzeugen, weil das Pulvergas nach allen Seiten gleich in Gestalt einer Halbsphäre ins Unendliche sich ausdehnen kann. Demungeachtet ist die Ausdehnungskraft des Pulvers, die dadurch bewirkte Luftbewegung und der Luftwiderstand so gross, dass nach der Erfahrung Mauern, durch Entzündung frei an denselben aufgehängener Pulversäcke oder an ihrem Fusse aufgestellter offener Pulverfässer, eingestürzt wurden, und wem sind nicht die Verheerungen bekannt, welche auffliegende Pulvertransporte bewirken? oder Pulvermagazine und Pulvermühlen, deren Umhüllungen gegen die darin enthaltene Pulvermenge als Null der Verdämmung anzusehen sind?

§. 122.

Versenkt man dieselbe Pulvermenge wie vorher in einen Brunnen, so werden die nach der Zündung plötzlich entwickelten Pulvergase vorerst nach allen Seiten sich auszudehnen suchen, und dann nach dem schwächsten Widerstand oder gegen die Luftsäule in Gestalt einer Feuer-Garbe ausströmen. Weil nun das Pulver in einem Brunnen hinsichtlich der Luft seine grösste Kraft vereinigt nur auf die Luftsäule von der Grundfläche des Brunnens auszuüben hat, so wird auch nach Vorigem die dadurch erlangte grössere Geschwindigkeit einen grössern Luftwiderstand erzeugen, und

hiermit auch eine grössere Wirkung rund herum auf die Wände und die Sohle des Brunnens ausüben.

§. 123.

Bei einem Brunnen mit kleinem Gevierte wird dieselbe Pulvermenge eine grössere Höhe in demselben einnehmen, mithin auch eine grössere Geschwindigkeit des Pulvergases und des Widerstandes der darüber gelagerten Luftsäule veranlassen; daher werden engere Brunnen eine grössere Wirkung auf die Sohle und Wände desselben hervorbringen, wie weitere. Diese Schlussfolge hat aber eben so seine Grenzen, wie die Ladung eines Feuerrohres. Ist der Brunnen zu enge und die Pulverladung so gross, dass sie eine gewisse Höhe über die Sohle desselben überschreitet, so wird nicht nur ein Theil des Pulvers ungezündet ausgeworfen, sondern auch die Wirkung auf die Wände im Verhältniss der Pulverladung vermindert. Es scheint daher, dass die Höhe der Pulverladung mit der Grundfläche des Brunnens dem Würfel gleich oder doch nahe kommen solle, welche Ansicht aber erst noch durch Versuche bestätigt oder widerlegt werden dürfte.

§. 124.

Ist der Brunnen tief, so wird die entzündete Pulverladung einem längern Widerstand der eingeschlossenen Luftsäule begegnen, und die Entzündung des Pulvers noch im Brunnen vollkommen vor sich gehen können. Daher sind in der Regel enge und tiefe Brunnen vorthellhafter zur Anwendung unverdämmtter Minen, wie seichte und weite.

§. 125. (Fig. 56. Taf. IV.)

Wenn das elastisch Flüssige des Pulvers in einem unverdämmtten Brunnen an der flüssigen sehr elastischen, mithin im ersten Augenblicke sehr nachgebenden Luftsäule, schon einen so beträchtlichen Widerstand findet, um die in der Umgebung der Kammern beabsichtigten Wirkungen zu erzeugen, so wird untehlbar dieselbe Pulvermenge eine grössere Wirkung herbeiführen, wenn sie in ihrer Erstwirkung auf einen festen und wenig elastischen Körper stösst, wie z. B. Fig. 56 die Oefen Nr. 7 und 8 an den gegenüberliegenden Seiten E und E' der Zweige Widerstand finden.

Die Wirkung der unverdämmtten Minen wird sonach um so mehr sich vergrössern, als der Entweichung des entzündeten Pulvers Hindernisse durch Wendungen F und F' in Galerien, oder durch andere feste Gegenstände bei ihrer Erstwirkung entgegen stehen.

§. 126.

Bekanntlich war Mouzé der erste, welcher durch ausgeführte Versuche zu Metz im Jahre 1799 erhoben hat, um wie viel bei verminderter oder ganz hinweggelassener Verdämmung die Pulverladung unter verschiedenen Umständen vermehrt werden müsse, um dieselbe Wirkung wie bei den gehörig verdämmtten Minen zu erhalten.

Lebrun, der bei diesen Versuchen gegenwärtig war, hat die erhobenen Resultate zur Grundlage genommen, und die aus den Versuchen von Mouzé abgeleitete Theorie vervollständigt und des Weiteren ausgeführt.

Man gibt vorerst das völlig Ausführliche des Vorganges und der Schlussfolgerungen nach Mouzé, wobei man auf dessen „erstes und zweites Mémoire über die verminderte Verdämmung der Minen“ hinweist, und wird sodann das Weitere über diesen Gegenstand nach Lebrun folgen lassen, wie es Boutault angibt.

§. 127. (Fig. 53 — 56. Taf. IV.)

Mouzé legte, Fig. 53, anstatt der den Minen gegenüberliegenden Flanquegalerien sechs grössere Brunnen A von 4' Weite im innern Lichte und 16' Tiefe in Entfernungen von 30' voneinander in einer Linie an. Die Kränze waren von Fichtenholz und 3½" im Gevierte, und die Seiten mit gewöhnlichen Verzugsbretern verkleidet.

Auf eine Entfernung von 10' (Mitte zur Mitte) gegenüber dieser grossen Brunnen teufte man sechs kleinere von Nr. 1 bis Nr. 6 ab, welche 2' und 2' 4" zur innern Lichte der Kränze bekamen, 14' Tiefe hatten, und mit den nämlichen Holzgattungen wie die grossen Brunnen A verkleidet waren; jedoch hatte jede Seite nur eine Reihe Verzugsbreter. Die grössere Seite von 2' 4" lag gegen die grössern Brunnen A.

Der Brunnen Nr. 4, ebenfalls von 14' Tiefe, erhielt im innern Lichte 3' in Quadrat, und seine

Entfernung von dem gegenüberliegenden Brunnen betrug von Mitte zur Mitte 12' 9".

Auf der Sohle dieses Brunnens wurde an der, dem grossen Brunnen gegenüberliegenden Seite, eine Kammer von 2' Länge und Breite, und 2' 6" Höhe angelegt, so zwar, dass die W. L. wie bei allen andern von der Mitte des Ofens bis zur Wand des gegenüberliegenden Brunnens 8' betrug.

Das Erdreich bei Nr. 1, 4 und 5 war feste Thonerde, welche für die Kubikklafter 15 Pfd. zu erfordern schien, um eine gleichseitige Mine für die W. L. von 8' zu erzeugen.

Das Erdreich zu Nr. 6, 2 und 3 war gemischt und weniger fest. Das zur Ladung verwendete Pulver war sehr guter Gattung und der Kubikfuss wog 64 Pfd. französisches Gewicht.

Brunnen Nr. 1.

Der Brunnen Nr. 1 war zur Probe- oder Vergleichsmine bestimmt, und wurde seine Ladung für eine gleichseitige Mine von 8' W. L. mit 65 Pfd. gegeben, aber in Anbetracht des schwächern Widerstandes der Verdämmung, welche man aber nicht verspreizen konnte, um $\frac{1}{6}$ oder auf 76 Pfd. vermehrt.

Die Verzugsbreter wurden an der Seite, welche dem einzustürzenden Brunnen gegenüber lag, weggenommen, die Kränze aber belassen.

Der Pulverkasten Fig. 53 und 54, worauf der überragende Deckel fest genagelt war, bekam in der Mitte eine Oeffnung von 2" im Quadrat, um die Zündwurst einzuführen; durch die Löcher c und die Haken d wurde derselbe mittelst eines Strickes bequem und leicht auf die Sohle des Brunnens dergestalt hinabgelassen, dass der Deckel auf die Bänke g aufsass, und allda einen leeren Raum a liess, welcher $3\frac{1}{2}$ mal der Pulverladung gleich kam.

Die Leitröhre l wurde, ohne ihr Deckbret, in der Mitte der einen Seite hinabgeführt, an den Kränzen befestiget, unter einem rechten Winkel auf dem Pulverkasten aufgesetzt, die Zündwurst von oben herab bis in die Pulverladung eingeführt, und mit den Deckbretern aufgenagelt. Die Verdämmung geschah mit gefüllten Erdsäcken, welche von Hand zu Hand gereicht wurden. Der Mineur legte sie theils gefüllt, theils leerte er sie aus, um die Zwischenräume gut auszufüllen, und trat sie dann, ohne zu stossen, mit den Füßen fest.

Um den Widerstand zu vermehren, hat man

die Verdämmung zweimal in gleicher Entfernung von dem Federkranz und Pulverkasten mit Bretern, und darüber gelegten $3\frac{1}{2}$ zölligen Balken verspreizt, welche unter den Kränzen fest eingetrieben wurden.

Also wurde der ganze Brunnen in 45 Minuten verdämmt.

Wirkung.

Die der Pulverladung entgegenstehende Seite des grossen Brunnens wurde auf ungefähr 10' Höhe von der Sohle an eingeworfen, und der ganze Brunnen mit Erde angefüllt, welche die Pulvergewalt von unten hinauf getrieben hatte. Jedoch reichte die gegebene Ladung nicht hin, die zwischen den beiden Brunnen befindliche Erdmasse einzustürzen, sondern es entstanden nur Risse nach allen Richtungen auf ungefähr 11' im Halbmesser, welches allein dem geringen Widerstand der nicht gestossenen, und nicht hinlänglich verspreizten Verdämmung zugemessen werden konnte. Die Garbe stieg auf 50' Höhe.

Bemerkenswerth ist, dass der obere Theil der zwischen beiden Brunnen befindlichen Erdmasse, obwohl stark gerissen, sich dennoch nicht senkte, sondern die Gestalt einer Calotte hinsichtlich ihrer starken Zähheit erhielt, ungeachtet der untere Theil dieser Erdmasse auf ungefähr 9' ausgehöhlt und in den grossen Brunnen getrieben wurde. Es würde daher bei festerer Verdämmung diese Masse unstreitig eingesunken sein.

Brunnen Nr. 2.

Die Pulverladung dieses Brunnens war um $\frac{1}{4}$ stärker, wie jene von Nr. 1, nämlich 95 Pfd. Die Verdämmung ward auf $\frac{2}{3}$ der Höhe reducirt; sie wurde wie die Vorige hergestellt, jedoch mit Vorsicht gestossen, und unter den Kränzen abgespreizt. Alles Andere wie bei Nr. 1. Die Verdämmung bedurfte 45 Minuten zur Herstellung. Die Zündung geschah gleichzeitig mittelst des Zündkastens mit der folgenden Nummer.

Wirkung.

Indem die auf $\frac{2}{3}$ der Höhe gemachte Verdämmung fest gestossen und das Erdreich weniger zusammenhängend war, wie jenes Nr. 1, so erfolgte auch eine grössere Wirkung. Die zwei Brunnen wurden gänzlich zerstört, und die zwischen ihnen befindliche Erdmasse gänzlich losgerissen und weg-

genommen, welches einen länglichen Trichter von ungefähr 6' Tiefe erzeugte und keine Spur eines Brunnens zurückliess.

Brunnen Nr. 3.

Die Pulverladung ward um die Hälfte gegen die von Nr. 1 vermehrt, und bestand daher aus 114 Pfd.; die sorgfältig gestossene Verdämmung wurde bis auf $\frac{1}{3}$ der Höhe vermindert. Alles Andere wie zuvor. Die Herstellung der Verdämmung bedurfte 45 Minuten Zeit.

Wirkung.

Bei derselben Beschaffenheit des Erdreichs wie bei Nr. 2 war auch die Wirkung ganz dieselbe.

Brunnen Nr. 4.

Die doppelte Pulverladung von jener Nr. 1 oder 152 Pfund wurde in einen kubischen Kasten von 16" innerer Weite in die Kammer gestellt, mit einer Kammerthür von 2zölligen eichenen Pfosten 3' in Quadrat geschlossen, und mit 4 $\frac{1}{2}$ Zoll dicken Eichenbalken abgespreizt. Die Zündwurst ging an der Seite ohne Brandröhre hinauf. Um den Kasten mit Pulver zu füllen, die Kammer zu schliessen und zu verspreizen, war ein Zeitaufwand von 35 Minuten nothwendig. Es wurde ausser der Kammerthür und Verspreizung keine andere Verdämmung angebracht. Die Zündung geschah gleichzeitig mit der folgenden Nummer.

Wirkung.

Die Wirkung war verhältnissmässig nicht so beträchtlich wie jene von Nr. 2 und Nr. 3, aber vollkommen jener von Nr. 1 ähnlich, deren Erdgattung auch von derselben compacten Masse war.

Brunnen Nr. 5.

Hier wurde weder Pulverkasten, noch Verdämmung, noch Verspreizung angewandt, und dafür die dreifache Pulverladung mehr 3 Pfd., nämlich 230 Pfd. gegeben, welche in 10 Säcken, jeder Sack mit 23 Pfund gefüllt, vertheilt war.

Um die Berührungspunkte des Pulvers zu vermehren und eine schnellere Entzündung zu bewerkstelligen, ist man bei der Ladung wie folgt, vorgegangen:

Der Mineur bereitete auf der Sohle des Brunnens ein Lager von leeren Sandsäcken, auf welche

er 5 Pulversäcke legte, nämlich einen in der Mitte, die vier andern um denselben. Nachdem in diese Säcke grosse Aufschnitte gemacht wurden, so stellte man einen sechsten aufrecht stehend in die Mitte, und die vier andern legte man um diesen, ebenfalls aufgeschnitten. Der Mineur tauchte nun das Ende der Zündwurst in den sechsten in der Mitte aufrechtstehenden und nicht aufgeschnittenen Pulversack, und während dieser Mineur aus dem Brunnen heraufstieg, befestigte ein zweiter Mineur das andere Ende der Zündwurst an den Brunnenkranz dergestalt, dass der Brunnen in sechs Minuten geladen und zur Zündung bereit war.

Wirkung.

Der grosse Brunnen war gänzlich eingestürzt, und ein Theil der zwischen diesen beiden Brunnen befindlichen Erdmassen nebst dem Verkleidungs-Gehölze wurde mit einer ausserordentlichen Heftigkeit auf mehr als 150 Fuss Höhe getrieben. Das Resultat war eine Art länglicher Trichter, gegen dessen Mitte noch ein Theil der Erdmasse stehen blieb, und sich nur gesenkt hatte. Der Effect war daher merkbar beträchtlicher wie jener bei Nr. 1, und obwohl in einer festeren Erdgattung von dem Effecte bei Nr. 2 und Nr. 3 wenig verschieden, woraus folgt, dass die dreifache Ladung für den gegebenen Zweck, welcher der Wirkung einer gleichseitigen Mine gleich kommen sollte, zu stark gewesen.

Brunnen Nr. 6.

Die Pulverladung wurde mit 2 $\frac{1}{3}$ mal vom Ofen Nr. 1 oder auf 176 Pfund angenommen, und fast ebenso vorgegangen wie bei Nr. 5, was auch denselben Zeitaufwand ergab.

Wirkung.

Diese war beinahe der von Nr. 5 ähnlich und selbst beträchtlicher, weil ungeachtet der Verminderung der Ladung um 54 Pfund Pulver die Erde weniger Festigkeit wie bei Nr. 5 zu haben schien, welche sich der festern gegen Nr. 1 schon mehr näherte.

Diese Versuche mit unverdämmten Minen wurden ebenfalls in Zweigen ausgeführt, allwo das entbundene elastisch Flüssige des Pulvers im ersten

Augenblicke nach der Entzündung einen grössern Widerstand erleidet, als in einem unverdämmten Brunnen an der sehr nachgiebigen und elastischen Luftsäule.

Zu dem Ende wurden Fig. 56 anstatt der flankbietenden Horizontalgalerien zwei Brunnen B und C von 4' Weite, 16' Tiefe und 21' Entfernung voneinander, abgeteuft.

Senkrecht aus der Mitte der Entfernung dieser zwei Brunnen ward ein dritter D auf 36' Entfernung von denselben Ausmassen ausgehoben, aus welchem ausgebrochen wurde, um mittelst Wendungen die Zweige E, F und E', F', und zwei Oefen Nr. 7 und Nr. 8 anzulegen, welche mit ihrem Mittelpunkt 2' höher wie die Sohle der Brunnen B und C lagen, und gegen diese 8' W. L., gegen die Oberfläche des Erdreichs aber, welches von Nr. 7 gegen Nr. 8 einen Fall hatte, 14 reducirte Fuss zur W. L. hatten.

Das Erdreich bei diesen Minen war jenem von Nr. 6 und Nr. 2 gleich.

Der Ofen Nr. 7 erhielt die $2\frac{1}{3}$ fache Ladung des verdämmten Ofens Nr. 1 oder 176 Pfd. Pulver in 8 Säcken mit 22 Pfd. Der Ofen Nr. 8 erhielt die $2\frac{1}{6}$ fache Ladung oder 164 Pfd. Pulver in 8 Säcken mit $21\frac{1}{2}$ Pfd., beide ohne alle Verdämmung und Verspreizung, nach dem ähnlichen Verfahren und mit denselben Vorsichten wie bei Nr. 5. Die Zündwürste beider Zweige vereinigten sich in der Halbgalerie des Einganges mit einer dritten, welche längs dem Brunnen D hinauf lief. Zur Ladung und Legung dieser Zündwürste für beide Oefen waren 24 Minuten an Zeit erforderlich.

Wirkung.

Die zwei Brunnen B und C wurden gänzlich zerstört, mit Erde angefüllt, und durch zwei Trichter ersetzt, welche keine Spur von dem Brunnen erblicken liessen. Der Ofen Nr. 8, welcher um 12 Pfd. Pulver geringer geladen war, wie jener Nr. 7, dessen W. L. aber auch in Hinsicht auf die Oberfläche des Erdreichs, rücksichtlich des Falles gegen Nr. 8 nur höchstens 13' betrug, hatte einen beträchtlicheren Trichter, wie der Ofen Nr. 7, nämlich von 3' bis 4' Tiefe, erzeugt.

Die Zweige und der Eingangsbrunnen D wurden ebenfalls durch die Wirkung des entzündeten Pulvers zerstört, welches nothwendiger Weise auch dahin wirken musste. Die Richtungen der Zweige

wurden auf der Erdoberfläche durch das theilweise Sinken der Erde und der Risse allda markirt; woraus man ersieht, dass die Wirkungen der Oefen in den Zweigen (mit Wendungen) beträchtlicher sind, wie jene der kleinen Brunnen Nr. 2, 3 und 6.

§. 128.

Diese Versuche und die dabei erhaltenen Resultate beweisen praktisch ebenfalls klar: dass man die Verdämmung der Minen durch progressive Vermehrung der Ladung vermindern, und auch gänzlich hinweglassen könne.

Aus dem Vergleich zwischen den Nummern 1, 4 und 5 zog Mouzé folgende Schlüsse:

a) Dass die doppelte Ladung für den Ofen des Brunnens Nr. 4, welcher an der Sohle im äussern Lichte der Gränze $3' 6''$ im Quadrat betrug, und diesem zufolge die Pulverkraft nach Ueberwältigung der Kammerthür und Spreizen einen Entweichungskanal fand, welcher mehr als das Doppelte von Nr. 1, oder der andern Brunnen im Querschnitt misst, ein wenig schwach war, und um $\frac{1}{6}$ mehr als die zweifache Ladung, mithin das $2\frac{1}{6}$ fache der Ladung einer verdämmten Mine betragen müsse.

b) Es scheint aber auch durch die Wirkungen der andern Brunnen bewiesen, dass, wenn anstatt der Weite des Brunnens Nr. 4 von 3' im Quadrat dieselbe Ausmass von 2' und 2' 4'', wie bei den andern beibehalten wird, alsdann die doppelte Ladung mehr als hinreichend sei, um die Wirkung einer verdämmten gleichseitigen Mine zu erzeugen.

c) Dass die dreifache Ladung nur dann angemessen ist, wenn man einen grössern Umfang wie den zum Durchmesser der doppelten W. L. umfassen oder einstürzen will. Dass aber in dem Falle, wo die Wirkung nur den Effekt einer gleichseitigen Mine hervorbringen soll, die Pulverladung auf $2\frac{1}{3}$ mal der verdämmten Mine herabgesetzt werden kann.

Durch den Vergleich zwischen den Nr. 2, 3, 6, 7 und 8 ergibt sich:

d) Dass man die Vermehrung der Ladung um $\frac{1}{4}$ der Verminderung der Verdämmung um $\frac{1}{4}$ gleichstellen kann, und eben so:

e) Dass man die Verdämmung auf die Hälfte vermindern kann, wenn man die Ladung auf $1\frac{3}{4}$ vermehrt, um jederzeit eine der verdämmten gleichseitigen Mine zugehörige Wirkung zu erhalten.

f) Dass: wenn die Hälfte der Vermehrung der Ladung mit der Verminderung von $\frac{2}{3}$ der Verdämmung gleichwertig ist, man wenig unterschiedene Wirkungen erhält, wenn man die Ladung um das Dreifache vermehrt, und die Verdämmung hinweglässt.

g) Dass die Ladung ohne Verdämmung mit $2\frac{1}{3}$ mal der gewöhnlichen, für Minen neben Zweigen angelegt, zu stark ist, und:

h) Dass die Ladung ohne Verdämmung bei einem Ofen neben einem Zweig noch weniger als das $2\frac{1}{3}$ fache der gewöhnlichen Ladung einer gleichseitigen Mine, oder das Zweifache derselben sein könne.

§. 129.

Setzt man die gerechte Pulverladung einer gleichseitigen gehörig verdämmten Mine = 1, und die dazu gehörige Verdämmung = V, so erhält man folgende Uebersicht bei verminderter Verdämmung und vermehrter Pulverladung:

Ort, an welchem die Pulverladung angebracht wird.	Verdämmung	Pulverladung
In Brunnen von 2' und 2' 4" innerer Weite der Kränze und 14' Tiefe.	Gewöhnliche = V	Gewöhnliche = 1
	Verminderung um $\frac{1}{3} = \frac{2V}{3}$	= $1\frac{1}{3}$ 1
	„ $\frac{1}{2} = \frac{V}{2}$	= $1\frac{1}{2}$ 1
	„ $\frac{2}{3} = \frac{V}{3}$ auf Null	= $1\frac{2}{3}$ 1 = $2\frac{1}{3}$ 1
In Brunnen von 3' Weite im Lichte der Kränze und die Kammern in der Seite	Mit Verspreizung	= $2\frac{1}{3}$ 1
In Galerien und in der Seite von Zweigen . .	Verdämmung = Null	= 2 bis $2\frac{1}{3}$ 1.

§. 130.

Die von Mouzé ausgeführten Versuche zur Grundlage nehmend, stellt Lebrun bei Vermin-

derung der Verdämmung und gleichzeitiger Vermehrung der Ladung folgende Regeln auf:

Setzt man die volle Verdämmung V einer gleichseitigen Mine von $\frac{3}{2}$ w V = 1.

Eben so die einfache Ladung . . . 1 = 1.
so wird, wenn

- 1) $1 = 1$; $V = 1$ $1 + V = 2$.
- 2) $1 = 1,25$; $V = 0,75$. . . $1 + V = 2$.
- 3) $1 = 1,50$; $V = 0,50$. . . $1 + V = 2$.
- 4) $1 = 1,75$; $V = 0,25$. . . $1 + V = 2$.
- 5) $1 = 2,00$; $V = 0,00$. . . $1 + V = 2$.

Aus 5) ist ersichtlich, dass bei gänzlich hinweggelassener Verdämmung Lebrun nur die zweifache Ladung angegeben hat, während Mouzé diese Ladung nur bei engen Brunnen im kleinsten Gevierte von 2' und 2' 4" (a, d, b) anwendbar erachtete. Es wird daher, da der Versuche über diese Minen noch nicht so viele sind, um auf ein vollkommen verlässliches Resultat schliessen zu können, in der Ausführung rathsam, die Ladung bei einem unverdämmten Brunnen, selbst in diesem Gevierte auf mindestens $2\frac{1}{3}$ mal derjenigen einer gehörig verdämmten Mine festzusetzen.

§. 131.

Bereits wurde bei den unverdämmten Brunnenminen bemerkt, dass enge und tiefe Brunnen vortheilhafter seien wie seichte und weite. Dasselbe ist auf die Galerien und Zweige hinsichtlich ihrer Längen und ihres Querschnittes anwendbar. Man wird nach Boutault die von Lebrun gegebenen Regeln über diesen Gegenstand anführen:

Wird die Länge einer Galerie oder eines Minenganges, an deren Ende ein Ofen anzulegen ist, = 0, so ist auch die Länge der Verdämmung = 0. In diesem Falle muss die gefundene Ladung, es sei diese einer gleichseitigen, stark oder schwach geladenen Mine angehörend, mit der Zahl 11,23 multiplicirt werden, anstatt wenn die Verdämmung allein gänzlich unterblieben wäre, diese Ladung nur hätte doppelt genommen werden müssen. Es muss nämlich wegen des gänzlichen Abganges einer Galerie die gefundene Ladung 10,213 mal genommen werden, und wegen der gänzlichen Weglassung ist zu diesem Faktor annoch die Zahl 1 zu addiren, und zwar letztere in Folge des Vorhergehenden: Wenn die Verdämmung $V = 0$, wird die Ladung = $2 = 1 + 1$.

Hat aber die Galerie die gleiche Länge wie die W. L., dann wird nur die Verminderung der Länge der Verdämmung berücksichtigt, und zwar in der Art: dass, wenn eine Galerie oder ein Zweig von dieser Länge ganz verdämmt werden soll, man die gefundene Ladung nur um $\frac{1}{3}$ zu vermehren hat, um dadurch das Fehlende der Verdämmung zu ersetzen (denn die Verdämmung hätte in diesem Falle nur $\frac{2}{3}$ der ihr zugehörigen Länge, welche $\frac{3}{2}$ ist, und die Ladung müsste daher $= \frac{4}{3} = 1\frac{1}{3}$ gegeben werden, damit wie früher angegeben wurde, die Verdämmung mehr der der Ladung, das ist: $\frac{2}{3} + \frac{1}{3} = 1$, ausfalle).

Wäre daher die Länge der Galerie oder des Zweiges

= 0, so wird die Ladung	×	werden mit 11,213 (1.)		
= $\frac{1}{4}$ w	- - -	×	- -	5,7129 (2.)
= $\frac{1}{2}$ w	- - -	×	- -	3,1957 (3.)
= $\frac{3}{4}$ w	- - -	×	- -	1,7877 (4.)
= w	- - -	×	- -	1,0000 (5.)

Die Glieder 1) bis 5) sind Glieder einer geometrischen Progression (die um 1.7877mal steigen).

Wäre z. B. in gewöhnlichem Erdreiche eine Mine von 12' W. L. anzulegen, und der dazu gehörige Minengang hätte nur $\frac{3}{4}$ der W. L. zur Länge $= \frac{3}{4} w$, und es solle derselbe in dieser ganzen Länge verdämmt werden, so wird:

L = 173 Pfd. franz. Gewicht,

welche Ladung von 173 Pfd. den obigen Angaben zufolge mit 1,7877 multiplicirt werden muss, weil der Zweig um $\frac{1}{4}$ kürzer ist als die W. L., welches gibt 309 Pfd. Pulver.

Wegen der Verkürzung von $\frac{1}{2}$ der Verdämmung (die ganze ist $\frac{3}{4} w$) muss noch nach dem früher Gesagten hinzu addirt werden

$$\frac{L}{2} = \frac{173}{2} 86,5 -$$

Mithin wäre zu laden: . . . 395,5 Pfd. Pulver.

Wollte man aber diesen Zweig unverdämmt lassen, so muss zu den oben gefundenen 309 Pfund 309 - noch 1 L. addirt werden mit 173 -

dann wäre zu laden . . . 482 Pfd. Pulver.

Die obigen Resultate bedürfen (wie Boutault selbst bemerkt), so wie die folgenden, noch der nähern Bestätigung.

Ferner nach Boutault.

§. 132.

Es ist bereits gesagt worden, dass: wenn ein Minenofen in keiner Galerie oder in keinem Minenzweig angelegt und auch nicht verdämmt wird, wenn nämlich der Pulverkasten nur mit seinem Körper und nicht weiter als dieser es erfordert, in das Medium eingelassen ist, wobei nur eine einzige seiner Seitenflächen frei liegt, dass die für eine gleichseitige stark oder schwach geladene Mine berechnete Ladung mit dem Faktor 11,213 (1) multiplicirt werden müsse.

Lebrun hat gefunden, dass für den Fall, wo die Pulverladung an 4 Seiten frei liegt, man diesen Faktor doppelt nehmen müsse. Mittelst einer geometrischen Progression gibt er folgende Bestimmungen an:

Wenn nur eine Seite der Pulverladung frei liegt, muss die Ladung multiplicirt werden	mit 11,213.
Zwei Seiten frei	- 14,128.
Drei Seiten frei	- 17,800.
Vier Seiten frei	- 22,426.
Fünf Seiten frei, d. i. wenn der Pulverkasten frei auf der Sohle steht.	- 28,256.

Boutault spricht sich über diese Angaben folgendermassen aus: Die Schlüsse, durch welche Lebrun zu diesen Resultaten gelangt ist, will ich hier nicht anführen, wohl aber eine Thatsache, durch welche sie gerechtfertigt werden könnten.

„Um einen Brückenbogen von 21' bis 24' Breite, oder auf 22 $\frac{1}{2}$ ' mittlerer Breite zu demoliren, legte man 400 Pfd. Pulver in eine längs dem Gewölbschluss eingemeisselte Rinne, welche so tief gemacht wurde, dass von der Gewölbsdicke nur 2' 6" übrig blieben.“

(Dieses Beispiel wird späterhin bei den Demolirungsminen angeführt, wo die Gewölbsdicke 4' angegeben ist. Es musste daher die Rinne 1' 6" tief ausgearbeitet werden.)

Ein gehörig geladener und verdämmt Ofen von 2' 6" W. L. bildet einen Trichter von 5' Durchmesser und erfordert: 3 Pfd. 5 Unzen $\frac{1}{17}$ Gran franz. Gewicht. Es wären daher 4 $\frac{1}{2}$ solche Oefen auf die ganze Breite der Brücke erforderlich gewesen, deren Gesammtladung 17 Pfd. 4 Unzen $\frac{3}{4}$ Gran Pulver betragen würde. Die Summe aller Ladungen verhält sich aber zu 400 Pfd. = 1:22", 341.

Dieses Verhältniss weist beinahe auf jene Ladung hin, welche oben für den Fall angegeben ist, wenn 4 Seiten des Pulverkastens frei liegen. In dem angeführten Beispiele findet dieses aber nicht statt, denn das Pulver lag in der Rinne, und wurde überdiess mit dem Schutte bedeckt, der aus der Herstellung derselben gewonnen wurde. Es scheint daher, dass man hier höchstens den Faktor 11,213 gebrauchen sollte.

Lebrun jedoch setzt diesen Fall jenem, wo 4 Seiten des Pulverkastens frei liegen, gleich, und zwar wie er angibt, darum, weil das in der Rinne vertheilte Pulver, ungeachtet dasselbe zugedeckt wurde, doch nicht die Kraft zu entwickeln vermöge, als geschehen würde, wenn die nämliche Masse versammelt und in einem kubischen Kasten eingeschlossen sich befände.

Dem sei wie da wolle, wir wissen aber, wie wenig man bei Demolirungen auf die Wirkung der nicht in Zweigen angelegten und zugleich unverdämmten Pulvermassen vertrauen könne, und die geringe Ausdehnung der unterirdischen vollen Wirkung, welche man bei Ladungen bemerkt, die in unverdämmten Brunnen angebracht werden, dürfte das Misstrauen rechtfertigen.

Boutault führt zum Beweis des eben Gesagten die Sprengung einer unverdämmten Brunnenmine zu Montpellier an. Da indess dieser Versuch in einem die Ladung umgebenden aufgelockerten Erdreich ausgeführt wurde, mithin auch keine vortheilhaften unterirdischen Ergebnisse erreicht werden konnten, so kann er zu keinem Vergleich dienen. Boutault schliesst endlich mit der Empfehlung:

„Selbst in den dringendsten Fällen ja nicht zu unterlassen, die Pulverladungen (in dem Brunnen) vor der Zündung gut zu bedecken; denn es ist bekannt, dass einige Kilogramme Pulver in freier Luft auf dem Tische einer Caserne entzündet, ihn nicht merkbar beschädigten, dass jedoch eine vollkommene Zerstörung des Tisches erfolgte, als die gleiche Pulvermenge nur mit einem einfachen Blatt Papier bedeckt wurde.“

So weit Boutault.

Diese Bemerkung, welche man auch bei der Abhandlung des unterirdischen Krieges aufnahm, scheint sich durch die Erfahrung nach einem zu Olmütz im Jahre 1848 ausgeführten Versuch zu bestätigen, den man hier anführt, nachdem man

nur noch die Bemerkung über die eben vorgetragenen Regeln von Lebrun gegeben haben wird.

Wenn nun auch die von Lebrun angegebenen Regeln für die verkürzte oder gänzlich hinweggelassene Verdämmung, für die Ladungen bei verminderten Längen der Galerien, die zu dem Ofen führen, so wie über der mehr oder minder frei gestellten Ladung im Pulverkasten, mehr auf theoretischen Scharfsinn als auf praktische Resultate gebaut sind; so sind sie dennoch bis dahin, als über diese Theorien nicht entsprechende Versuche ausgeführt sein werden, welche die Angaben Lebrun's bestätigen oder berichtigen, als vorläufige Anhaltspunkte und zwar im Vorhinein, um die Versuche darnach zu regeln, immerhin anzuwenden.

Versuch nächst Olmütz am 28. Sept. 1848,
mit einer unverdünnt gelassenen Pulverladung in einem Mouzé'schen Brunnen.

§. 133. (Fig. 57, 58. Taf. IV.)

Der Versuch hatte zum Zweck, die oberirdische Wirkung sowohl, als auch die unterirdische im Horizonte des Ofens und unter demselben in einem 9' tiefen Brunnen des kleinsten Geviertes mit unverdämmter Pulverladung gegen hohle Räume zu erheben.

Zu diesem Behufe wurde vor dem Fort am Tafelberg eine fliegende Sappe A, Fig. 57 und 58 von 40' Länge und 6' Breite zur Anlage des unverdämmten Brunnens 0 errichtet.

Ebenfalls wurden die zwei Brunnen I. und II. ausserhalb der Sappe zu folgenden Absichten abgeteuft:

Aus dem 4' weiten und 27' 4" tiefen Brunnen I. wurde in einer durch den Mittelpunkt der Ladung gehenden Vertikalebene liegende Halbgalerie B, mit Berücksichtigung des Erdreichs, welches von 0 nach I einen Fall hatte, dergestalt ausgearbeitet, dass ihre Decke 12' unter den Ofen L zu liegen kam. Diesem nach lag bei der Tiefe des Brunnens 0 von 9' der W. L. von 12', der Höhe der Halbgalerie, Deckenlichte von 4' 6", die Sohle der letztern 25' 6" unter jener der Sappe, und 28' 6" unter der Oberfläche des Erdreiches.

Der Brunnen II. zur Ausarbeitung des Zweiges C im Horizonte des Ofens erhielt 3' zur Weite, der Zweig selbst 2' zur Breite und 3' zur Höhe im Lichte der Gestelle. Er wurde horizontal ge-

führt, und war $1\frac{1}{4}$ W. L. = 15' mit seiner Wand vom Ofen 0 entfernt.

Der von der Sappsohle abgeteufte Mouzé'sche Brunnen erhielt 9' zur Tiefe, 2' 4" und 2' Weite im Lichte der Kränze.

Das Erdreich bestand aus feuchtem Sand, und hatte mit Lehmtheilen gemischt eine dergestaltete Festigkeit, dass man keine Breter einzuschieben brauchte, und die letzte Tiefe von 3' im innern Lichte des Kranzes mit 2' 4" und 2' senkrecht und haltbar ausgearbeitet werden konnte.

Die Pulverladung wurde nach der Schwere der Erde, wovon 1 Kubikfuss 115 Pfund Wiener Gewicht wog, und nach der Festigkeit desselben für den Coefficienten $g = 0,117$ abgeschätzt, daher nach der Formel:

$$L = gw^3; \text{ und } w = 12;$$

$$L = 202,176 \text{ wird.}$$

Lässt man $\frac{176}{1000}$ hinweg, so wird wegen der unverdämmten Ladung:

$$L = 202 \times 2 = 404 \text{ Pfd.};$$

und wegen fehlender Tiefe des Brunnens noch um $\frac{1}{3}$ vermehrt, wird:

$$L = 404 + 67 = 471 \text{ Pfd. W. G.,}$$

welche Ladung auf 470 Pfd. reducirt wurde.

Das hierzu verwendete Pulver schlug 52 Grade.

Die Ladung vollführte man dergestalt, dass auf die am Boden des Brunnens ausgebreiteten leeren Sandsäcke die geöffneten Pulversäcke gestellt, über diese das übrige Pulver ausgeleert, mit leichten Brettern und einer Schichte Sandsäcke bedeckt wurde. Die Zündwurst lief bis in die Mitte der Ladung und von da an einer Wand in der Brandröhre bis an die Oberfläche des Erdreichs und noch eine Strecke auf dieser fort, bis zum Zündpunkt, allwo das Perkussionsschloss, mit welchem die Zündung geschah, am Boden befestigt war.

Die Herstellung des Brunnens in diesem gut zu bearbeitenden Erdreiche bedurfte 2 Stunden 45 Minuten, die Ladung 15 Minuten, somit die vollkommene Herstellung bis zur Zündung 3 Stunden.

Die Explosion erfolgte alsbald nach dem Abziehen der Zündschnur mit einem starken, jedoch nicht viel heftigerem Knalle als der eines schweren Geschützes ist.

Oberirdische Wirkung.

Der erzeugte Trichterdurchmesser hatte bei seiner mehr elliptischen als runden Form, wovon

Minenlehre II.

die grössere Achse nach der Länge der Sappe zu lag, im Durchschnitte 21' 10"; der Trichterkrantz nur 1' Höhe über der Erde, da die aufgeworfene Erde bis 30° um den Trichter zerstreut zurückfiel. Die Trichtertiefe unter dessen Kranz betrug 5' 8". Die Körbe rechts standen noch vollkommen, die linken etwas verschoben und nur die mittleren 3 waren hinausgeworfen. Sonst war die Sappe ganz verwendbar.

Unterirdische Wirkung.

Der auf 4° 3' von der Ladung L entfernte Brunnen I. (Mitte zur Mitte gerechnet), war ganz unversehrt; die Beschädigung an der mit ihrer Decke 12' unter dem Ofen liegenden Halbgalerie B hatte beim vierten Gestelle von der W. L. an herwärts gerechnet, ihren Anfang, nahm an den folgenden dritten Verzug gegen die W. L. zu, bis zu dem vollen Einsturz des zweiten und ersten Verzugs, der sich somit auf 6' Länge diessseits und eben so viel jenseits der W. L., also zusammen auf 12' Länge ausdehnte.

Der Brunnen II. 26' 6" von der Ladung entfernt, war unbeschädigt. Die Beschädigung an dem im Horizonte des Ofens auf $1\frac{1}{4}$ W. L. Entfernung liegenden Zweig C nahm ihren Anfang beim dritten Gestell herwärts der W. L. Der nächste zweite Verzug war sehr stark beschädigt, der erste an der W. L. vollständig eingestürzt und mit Erde angefüllt. Man kann daher die halbe Länge des Einsturzes auf 4' 6" annehmen.

Bemerkungen und Schlussfolgen.

§. 134. (Fig. 57, 58. Taf. IV.)

Der unverdämmte Brunnen von 9' Tiefe hatte (wenn man den Unterschied des festen und gewöhnlichen Erdreichs ausser Acht lässt) die Hälfte der normalen Tiefe von 18' der zugehörigen Verdämmung V.

Nach Lebrun's Formeln für verkürzte Galerien soll (3) eine auf die Hälfte der Länge verkürzte Galerie, die verdämmt ist, mit dem Faktor 3,1957 multiplicirt und für die unterlassene Verdämmung noch die einfache Ladung hinzuaddirt werden.

Die für die W. L. von 12' nach dem Coefficienten $g = 0,117$ berechnete Ladung einer verdämmten Mine wurde mit 202 Pfd. Pulver gege-

ben. Es würde sonach nach Lebrun die Ladung $= 202 \times 3,1957 + 202 = 847,4$ Pfd. W. G.

Um nun bei dem so bedeutenden Unterschied der nach Lebrun berechneten 847,4 Pfd. und der wirklich gegebenen Ladung von 470 Pfd. der richtigen Ladungsbestimmung möglichst nahe zu kommen, wollen wir die nähere Untersuchung des Versuches vornehmen:

Die Ladung wurde für die auf Null gesetzte Verdämmung mit zweimaliger Vermehrung und für die mangelnde Höhe ein Drittel der Ladung hinzuaddirt gegeben, wofür obige 470 Pfd. gefunden wurden.

Mouzé gab seiner Pulverladung zu einer unverdämmten Mine $2\frac{1}{3}$ mal der verdämmten, mithin 471,33 Pfd., was beinahe das nämliche ist. Derselbe hinterlegte aber seine Pulverladung in einen 14' tiefen Brunnen, während jene in Olmütz nur in einem 9' tiefen Brunnen hinterlegt wurde. Es dürfte daher die gegebene Ladung von 440 Pfd. als zu klein erscheinen, und wirklich vermehrt sie sich, wenn man die nicht in Rechnung gebrachte Pulverstärke, welche 52 Grad schlug, gegen die normale von 40 Grad in Vergleich setzt, denn die Ladungen verhalten sich verkehrt, wie die Wurzel der angezeigten Pulvergrade. Nennt man die nach der Berechnung gefundene Ladung $L = 471$ Pfd., die zu suchende Ladung L' , die wirkliche Stärke $n = 52^\circ$ und die entsprechende für $n' = 40^\circ$, so verhält sich:

$$L : L' = \sqrt{n'} : \sqrt{n}$$

$$L' = L \times \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n'}} = 471 \times \frac{\sqrt{52}}{\sqrt{40}} = 471 \times 1,141;$$

daher:

$$L' = 537,41 \text{ für ein 40gradiges Pulver.}$$

Es ist nun die Wirkung des Ofens in Bezug des Einsturzes im Horizont des Ofens und unter demselben zu erörtern:

Die Gränze des Einsturzes des im Horizont des Ofens liegenden Zweiges C Fig. 53 und 54 erstreckte sich beiderseits der W. L. auf 4', 50, daher die Entfernung L, f oder der Halbmesser des Einsturzkreises $= \sqrt{L, f^2 + f d^2} = \sqrt{15^2 + 4,5^2} = 15', 652$.

Nun ist der Halbmesser der Einsturzgränze bei einer gleichseitigen verdämmten Mine, welcher der unverdämmten mit vermehrten Ladung gleich sein soll, $= w \sqrt{2} = 12 \times 1,414 = 16,968$; somit ist der erhaltene von 15', 652 um 1', 343 kleiner als der verlangte Einsturz.

Dieser geringere Einsturz dürfte dem Umstande beigemessen werden, dass ein Zweig der Wirkung des Pulvers mehr zu widerstehen vermag, als eine in ihren Ausmassen grössere Galerie mit grösserm hohlen Raum, und es kann für die Ausführung der so geringe Unterschied als Null betrachtet werden.

Die Gränze des Einsturzes unter dem Horizonte des Ofens zur W. L. von 12' und der Länge desselben von 6' ist $= \sqrt{12^2 + 6^2} = \sqrt{180} = 13', 416$ gefunden, und da bei verdämmten gleichseitigen Minen der Einsturz $= w = 12'$ sein soll, so ist der durch den Versuch erhaltene um 1', 416 grösser. Dieses nur günstige Resultat dürfte wohl der Bedeckung der Pulverladung mit einem Deckel und einer Schichte Sandsäcke beigemessen werden, indem Mouzé seine Versuche mit ganz unbedeckter Ladung vornahm, nebstdem auch das Pulver auf die Halbgalerie B mehr Wirkung als auf den Zweig C ausüben konnte. Man kann also füglich, da der Unterschied bei dem Zweig C beinahe um eben so viel weniger, als bei der Halbgalerie mehr gegen die verlangte des Einsturzes beträgt, beide Wirkungen mit ihren Werthen $w \sqrt{2}$ und w als übereinstimmend ansehen.

Der Vorgang bei der Ladungsberechnung und die Ladung selbst wäre daher für ein 52 Grad schlagendes Pulver mit 270 Pfd. entsprechend, und dürfte ebenfalls für ein 40 Grad schlagendes Pulver 537 Pfd. W. G. = 606 Pfd. franz. Gewichts gerecht sein. Es folgt aber auch aus diesem Versuch, dass der für die verkürzte Galerie auf die halbe Länge der von Lebrun angegebene Faktor 3,1957 zu gross ist, nach welchem 847,5 Pfd. franz. Gewicht gegeben werden müsste. Man muss aber auch andererseits bemerken, dass Lebrun eben so wie Mouzé die angezeigten Ladungen für unbedecktes und nicht für bedecktes Pulver gaben.

Länge der Verdämmungen.

§. 135.

Im ersten Theil dieser Abhandlung wurde die kunstgerechte, möglichst feste Verdämmung, die man auch gegenwärtig voraussetzt, beschrieben und im Vorhinein angegeben: dass nach der Erfahrung die Länge der Entfernung ihres Schlusses vom Mittelpunkt der Ladung im gewöhnlichen Erdreich, welches 12 Pfd. franz. oder $10\frac{1}{2}$ Pfd. Wiener Gewicht auf die Kubikklafter erfordert $= \frac{3}{2}$ W. L. bei einer gleichseitigen Mine sein müsse. Die Länge der Verdämmung von $\frac{3}{2}$ W. L. ändert sich aber theils nach den verschiedenen Medien (Erdgattungen, Mauerwerk etc.), theils nach den verschiedenen Minengattungen.

Die Verdämmung hat zwei Zwecken zu entsprechen, nämlich die Pulverkraft dergestalt einzuschliessen und abzdämmen (woher ihr Name), dass sie ihre grösste Wirkung dahin ausübt, wohin man es beabsichtigt, d. i. nach der kürzesten W. L. — sodann hat sie die rückwärts derselben liegende Galerie vor der Zerstörung und Beschädigung zu schützen.

Diesen Zwecken zufolge muss daher die Verdämmung stets den Pulverkräften oder den Ladungen entsprechend sein, mit diesen im Verhältniss stehen, und sie selbst noch überwiegen.

§. 136.

Für gleichseitige Minen.

Wir haben gesehen, dass die Einsturzgränze bis $w\sqrt{2} = 1.414w$ reicht; es ist also auch nach der Erfahrung die mindeste gerechte Verdämmung auf $1,500w$ im gewöhnlichen Erdreich, welches dem kleinsten Ladungscoefficienten $g = 0,100$ französ. Gew. zugehört, bestimmt. Jedes Medium, welches einen stärkern Ladungscoefficienten begehrt, wird daher auch länger sein müssen, oder was dasselbe ist; einer grössern W. L. angehören. Da nun die Verdämmungen in demselben Verhältniss der Widerstandslinien stehen, und die Ladungen sich wie die Würfel der Widerstandslinien, mithin auch wie die Verdämmungslängen verhalten, so wird, wenn man den Ladungscoefficienten für gewöhnliches Erdreich g , für jedes andere Medium g' die Verdämmung für erstes V , und für letzteres V' nennt,

$$V^3 : V'^3 = gw^3 : g'w'^3;$$

daher die Verdämmung

$$V'^3 = \frac{V^3 g' w^3}{g w'^3};$$

und da $V = \frac{3}{2} w$, so wird

$$V'^3 = \left(\frac{3}{2} w'\right)^3 \times \frac{g' w^3}{g w'^3}$$

und:

$$V' = \frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{g'}{g} w'^3}.$$

§. 137.

Für stark geladene Minen.

Wie schon gezeigt wurde, so ist bei der kürzern wirklichen W. L. der stark geladenen Minen die unterirdische Wirkung im Horizonte des Ofens, worin in der Regel die Verdämmung liegt, kleiner als die einer gleichseitigen Mine zu derselben Pulverladung. Daher könnte die Verdämmung auch verkürzt werden. Es ist sonach die entsprechende Verkürzung zu suchen.

Hauser in seinem Werke: „Die Minen und der unterirdische Krieg“, gibt folgendes:

„Der Widerstand, den eine Verdämmung leistet, kann jenem eines unberührten Erdreichs verglichen werden, da die Röste und Krönungen der erstern die Zähigkeit des letztern ersetzen“.

Hieraus erhellet: dass wenn man eine gehörig geladene Mine gegen die Oberfläche des Erdreichs erhebt, die Verdämmung dieser Mine um den Unterschied ihrer gehörigen und wirklichen W. L. verkürzt werden könne.

Nimmt man also die gehörige W. L. W und ihre wirkliche w , so ist die Länge der Verdämmung $W + \frac{W}{2} - (W - w) = w + \frac{W}{2}$.

Wir wollen diese Angabe des Nähern untersuchen, ob sie mit der Erfahrung übereinstimmt, und zwar für verschiedene Werthe von: $n = 3$; $n = 2,5$; $n = 2$; $n = 1,5$ und endlich für $n = 1$ einer gleichseitigen Mine.

Nach Vorigem ist die W. L. der gleichseitigen Mine, welche derselben Ladung der stark geladenen wirklichen W. L. entspricht:

$$W = w [(0.91)n + 0.09].$$

Setzt man für n die verschiedenen Werthe, so wird für

$n=3$	$W=w[(0,91)n+0,09]$ so wird $W=w \times 2,82$.
$n=2,5$	$W=w \times 2,365$.
$n=2$	$W=w \times 1,91$.
$n=1,5$	$W=w \times 1,365$.
$n=1$	$W=w \times 1$.

Setzt man für W einen Werth, z. B. $12'$, so wird für

$n=3$	$W=33', 84$.
$n=2,5$	$W=28', 38$.
$n=2$	$W=22', 19$.
$n=1,5$	$W=16', 38$.
$n=1$	$W=12', 00$.

Nach Hauser's Formel ist die Verdämmung

$$V = w + \frac{W}{2}; \text{ daher für}$$

$n=3$	$V=12+16,29=28', 92$.
$n=2,5$	$V=12+14,19=26', 19$.
$n=2$	$V=12+11,58=23', 485$.
$n=1,5$	$V=12+8,19=20', 19$ und für
$n=1$	$V=12+6,0=18', 00$.

Der unterirdische Einsturz einer stark geladenen Mine im Horizonte des Ofens ist mindestens auf dem Explosionshalbmesser $T = \sqrt{r^2 + w^2}$ ausgedehnt. Nun ist aber z. B. für den Trichterhalbmesser $r = 36$, und der W. L. $w = 12$.

$$T = \sqrt{36^2 + 12^2} = 37', 765.$$

Die Verdämmung nach Hauser ist aber nur $29'$ nahe, liegt daher nicht nur um das die Pulverkraft überwiegend Nöthige ausserhalb des Einsturzkreises, welcher zum Halbmesser den Explosionshalbmesser $T = \sqrt{r^2 + w^2}$ hat, sondern selbst noch innerhalb desselben. Die Verdämmung wird daher nach der Formel $V = w + \frac{W}{2}$ um so mehr zu kurz als n grösser wird, und ist nur für gleichseitige Minen richtig, wo $V = \frac{3}{2} W$, und eben so $V = \frac{3}{2} w$ wird.

Boutault setzt die Verdämmung der stark geladenen Minen jener der gleichseitigen gleich, welche den Ladungen der stark geladenen zukommt. Er spricht sich darüber folgendermassen aus:

Die Länge der Verdämmung muss vorzüglich nach der Stärke der Pulverladung, nicht aber allein nach der W. L. proportionirt werden, denn für eine und dieselbe W. L. kann es sehr verschiedene Pulverladungen geben. Es ist wohl der natürlichste Weg, die Länge der Verdämmung zu

bestimmen, wenn in jedem Falle für die bekannte Ladung jene W. L. gesucht wird, unter welcher diese Ladung im vorhandenen Erdreiche eine gleichseitige Mine geben würde.

Diesem zufolge würde demnach die Verdämmung der stark geladenen Minen im gewöhnlichen Erdreich, oder

$$V = \frac{3}{2} w [(0,91)n + 0,09]$$

und für jedes andere Mittel

$$V' = \frac{3}{2} w' [(0,91)n + 0,09].$$

Setzt man wieder $w = 12'$, $n = 3$, so wird: $[(0,91) + 0,09] = 2,82$, und $V = \frac{3}{2} \times 12 \times 2,82 = 50', 76$ nahe $51'$ und weicht daher gegen die nach Hauser's Formel gegebene Länge von $29'$ und $22'$ ab.

Da nun bei den stark geladenen Minen der Einsturzkreis nicht mit der Genauigkeit bis jetzt bestimmt werden konnte, wie bei den gleichseitigen, so wird der vorsichtige Mineur, wenn es die bemessene Zeit gestattet, sich jederzeit der Boutault'schen Formel für die Verdämmung bedienen. Es müsste nur, wie beim unterirdischen Krieg der Fall oftmals eintritt, die Galerie zu keinem fernern Gebrauch mehr dienen.

§. 138.

Für schwach geladene Minen.

Nach Boutault ist die Verdämmungslänge für schwach geladene Minen $= \frac{3}{2} w \left(\frac{3n+4}{7} \right)$.

Da $n = \frac{r}{w}$, und bei schwach geladenen Minen r nur ein Bruchtheil von w ist, so wird die Ladung und somit auch die Verdämmung $V = \frac{3}{2} w [(0,91) + w]$ geringer. Es wirkt jedoch diese, obwohl geringere Pulverladung, bei ihrer tiefern Lage, um so mehr unterirdisch im Horizonte des Ofens, und sie dürfte um so mehr auf $\frac{1}{4} w$ verlängert werden, als die Erfahrung bei Schweidnitz ergab, dass eine schwach geladene Mine, die einen kleinen Trichter tagte, mit 150 Pfd. Pulver geladen wurde, und eine Länge von $24'$ zur Verdämmung, also die doppelte W. L. erhielt, dennoch die rückwärtige Galerie auf $34'$ Länge zerstörte. Wenn man nun auch annimmt, dass wahrscheinlich diese Verdämmung nicht vollkommen fest hergestellt wurde, so ist es dennoch rathsam, ihr mindestens die angegebene Länge von $\frac{1}{4} w$ zu geben.

§. 139.

Für Dampfminen.

Eine Dampfmine im Maximum äussert keine Wirkung mehr auf der Oberfläche des Erdreichs, wenn sie $\frac{1}{4}w$ unter derselben liegt; und da keine Ursache vorhanden ist, dass noch tiefer liegende eine grössere Wirkung ausüben sollten, so würde die Verdämmung V von $\frac{1}{4}w$ Länge die entsprechende sein. Allein wenn schon diese Länge bei schwach geladenen Minen als die mindeste anzu-

nehmen ist, so wird sie bei Dampfminen nicht genügen, welche Länge $V = 2w$ anzunehmen ist.

Die Verdämmungen V werden demnach bei den Ladungen im gewöhnlichen Erdreich lang:

Bei gleichseitigen Minen	$V = \frac{3}{2}w$.
- stark geladenen -	$V = \frac{3}{2}w [(0.91)n + 0.09]$.
- schwach geladenen -	$V = \frac{1}{4}w$.
- Dampfminen . . .	$V = 2w$.

Flatterminen. (*Fougasses*.)

§. 140.

Flatterminen oder Fougassen werden gewöhnlich erst kurze Zeit vor ihrem Gebrauche errichtet; sie erhalten selten eine grössere Tiefe als 10'; ihre Erbauung geschieht vom Tage mittelst Brunnen und Gräben zu ihrer Feuerführung.

Es gibt mehrere Gattungen der Flatterminen, nämlich:

1) Die gewöhnlichen Flatterminen, welche nur mit Pulver geladen werden.

2) Die Bombenflatterminen, wobei die geladenen Bomben oder Hohlkugeln entweder der Pulverladung gewöhnlicher Flatterminen beige-

sell, oder für sich allein in die Erde versenkt werden.

3) Die Steinflatterminen, gewöhnlich Steinfougassen genannt, welche durch eine gemässe, der Erfahrung entnommene Pulverladung mehrere Kubik-Fuss, 3 bis 12- und mehrpfündige Steine gegen den angreifenden Feind werfen.

4) Galerie-Fougassen (auch Gegenbrunnen, *Contre-puits* genannt), welche zur Zeit des Bedarfs oberirdisch erbaut, aber erst kurz vor der Zündung von der tiefer liegenden Galerie aus geladen und verdämmt werden.

5) Flatterminen gegen Angriffsbrunnen (*Fougasses contre-puits*).

Gewöhnliche Flatterminen.

§. 141.

Um gewöhnliche Flatterminen herzustellen, senkt man einen Brunnen von der erforderlichen Tiefe mit der geringst nöthigen Weite ab, legt vertieft in eine Seitenwand oder auf die Sohle desselben die Pulverladung in einem gegen die Nässe und Feuchtigkeit wohl gesicherten Pulverkasten führt aus diesem eine eben so gesicherte Feuerleitung in einem Graben, welcher nach Umständen, je nachdem man diese gegen die mehr oder minder tief eindringende feindliche Projectile sicher stellen will, 3' bis 8' tief ausgehoben wird, bis zu einem Orte, allwo die Zündung ohne Gefahr abgewartet werden kann, füllt sodann den Graben gut gestampft mit der ausgehobenen Erde wieder an, planirt die Oberfläche des Erdreichs, und macht sie der Umgegend gleich, so ist eine gewöhnliche Flattermine zum Gebrauche bis zur Zündung fertig.

Weil die Flatterminen, ungeachtet ihrer geringen Tiefe, dennoch eine mehr wie gewöhnliche Wirkung hervorbringen sollen, so werden die Pulverladungen derselben über jene der gleichseitigen Minen verstärkt. Diese Verstärkung richtet sich nach den Umständen:

Ist man in der Lage, grosse und tiefe Trichter vermeiden zu müssen, so wird eine geringe Vermehrung des Pulvers um so mehr hinreichend sein, als dasselbe, wenn auch in einem gut gestossenen, dennoch ihres natürlichen Zusammenhanges beraubten Erdreichs, ohnehin eine grössere Wirkung hervorbringen wird. Bewirkt aber ein grösserer und tieferer Trichter keinen Nachtheil, und ist es mehr auf die moralische Wirkung für den Feind abgesehen, so wird die Ladung verstärkt, jedoch ist dabei der Bedacht zu nehmen, dass die nebenliegenden Oefen um die zweifache Länge der, der

vermehrten Pulverladung zukommenden W. L. angelegt werden, wenn sie nicht zugleich aufliegen sollen.

§. 142.

Ein besonderes Augenmerk ist jederzeit auf die Trockenhaltung der Pulverladung und der Zündwurst zu richten.

Hegt man die Besorgniss, dass der Regen oder eine andere Nässe bis zu derselben dringen können, so müssen alle die im I. Theil angegebenen Massregeln zur Hindanhaltung der Nässe und Feuchte angewandt werden. Nebstbei muss der Brunnen, neben welchem die Pulverladung in der Seitenwand desselben niedergelegt wird, vertieft und bis zu seiner Sohle wieder mit Kies, kleinen Steinen oder Sand ausgefüllt werden, worin sich das Wasser verseigen kann.

Die Leitröhren müssen ebenfalls gut getauft und auf Unterlagen, welche wieder auf Kies u. s. w. aufgestellt sind, hohl gelegt und denselben wo möglich einen Fall gegen den Zündpunkt gegeben werden, um der Nässe einen Abzug zu verschaffen.

Uebrigens kann die Zündung auch auf eine andere Art wie mit der Zündwurst geschehen, wie es später vorkommen wird.

§. 143. (Fig. 59. Taf. IV.)

Legt man die gewöhnlichen Flatterminen gegen einen Angriff mit dem Degen in der Faust an, so ist der Schaden, den sie unter dem Feinde anrichten, unerheblich, da sie gewöhnlich zu früh oder zu spät aufliegen. Der eigentliche Vortheil dieser Minen besteht nur in dem moralischen Eindruck, den diese Minen auf den Angreifer hervorbringen.

Einen grössern Nutzen gewähren diese Flatterminen bei einer Festung, wenn entweder das Erdreich kein Minensystem anzulegen erlaubt, oder wo keine Minen vorhanden sind, oder wo man seine

tiefer liegenden Galerien für den unterirdischen Angriff aufbewahren will.

Woraus folgt, dass sich der Vertheidiger der **gewöhnlichen Flatterminen** nur zur Zerstörung feindlicher Werke und Verbauungen, nicht aber gegen einen Angriff mit dem Degen in der Faust bedienen soll.

Zu jenem Zwecke werden sie gewöhnlich auf folgende Art angelegt: Die Flatterminen A Fig. 59 dienen gegen die längs den Capitallinien anrückenden Sappen, jene C gegen die Krönung des bedeckten Weges, jene E gegen die Verbauungen an der Kehle der eingehenden Waffenplätze, jene G gegen den Fuss der Bresche, um sie ungangbar zu machen, und gegen den Uebergang des Grabens, und endlich jene M gegen die Verbauungen auf der Bastions- oder Ravelins-Spitze.

Fehlt es an der Zeit oder an Materialien, die Flatterminen auf solche Art auszuführen, so können sie bei lange fortlaufenden Reihen wie die bei L angelegt werden, welche man Rosenkränze nennt. —

Die Feuerführungen, welche Verkleidungsmauern zu durchkreuzen haben, werden wie jene Minen E im Brunnen m bis unter das Fundament dieser Mauer versenkt, dann unter demselben durch, und endlich in einem andern Brunnen n oder p wieder aufwärts geführt.

§. 144.

Weil die feindlichen Verbauungen 3' tief ausgehoben werden, so müssen die Leitröhren wenigstens 5' tief gelegt und mit demselben Erdreich wie das umgebende wohl gestampft werden, damit sie von dem Angreifer nicht so leicht entdeckt und abgeschnitten werden können, wenn man anders im Sinn hat, die feindliche Verbauung erst nach deren fast beendigten Herstellung in die Luft zu werfen, und nicht gleich anfangs, was dem Angreifer nur zu einer erwünschten Deckung behüllich wäre.

Bomben - Flatterminen.

§. 145. (Fig. 60 u. 61. Taf. IV.)

Die Bombenminen werden mittelst geladener Bomben oder Hohlkugeln, die in die Erde versenkt und einer Feuerleitung gezündet werden,

errichtet. Man kann die Bomben oder Hohlkugeln einzeln oder mehrere zusammen vereint zu einer Mine anwenden, je nachdem man eine grössere Wirkung bezwecket. Sie sind von zweierlei Art,

und bilden entweder mit ihrer starken Sprengladung die Mine selbst, oder sie werden mit der Pulverladung einer gewöhnlichen Flattermine verbunden.

Im ersten Falle werden die Bomben, die ihrer grössern Wirkung wegen allhier nur allein angewendet werden sollten, unter der Erde springen; daher muss ihre Sprengladung so stark sein, dass sie nebst der Sprengung der Bomben noch einen Trichter zu erzeugen im Stande ist, durch dessen Oeffnung die Trümmer herausgeworfen und zerstreut werden.

Im andern Falle können die Bomben oder Hohlkugeln auch erst über der Oberfläche der Erde platzen, indem sie nebst ihren Sprengladungen auch noch eine Pulverladung unter sich erhalten, welche sie sammt der Erde auswirft.

In beiden Fällen bedient man sich eines Kastens, der sowohl der festen Lage der Hohlkugeln und der Zündung, und im zweiten Falle auch noch der Pulverladung entsprechend ist.

Der Kasten, Fig. 59, 60 und 61 wird durch eine Querwand a in zwei verhältnissmässige Theile getheilt, in dessen obern die Bomben oder Hohlkugeln zu liegen kommen, deren Zwischenräume unter sich und den Kastenwänden mit Sägespänen, Moos und dergleichen ausgefüllt werden. Die Brandröhren der Hohlkugeln gehen durch die zu diesem Ende durchlöchernte Querwand a und stehen auf der untern Seite etwas vor.

Wenn die Bomben, wie im ersten Falle, für sich allein die Mine hervorbringen sollen, so ist der untere Theil des Kastens (Fig. 60) nur so hoch nöthig, damit das Leitrohr mit der Zündwurst eingeführt werden kann. Von diesem Leitrohre wird das Deckbret, in so weit es in dem Kasten liegt, weggenommen, die Zündwurst der Länge nach oben aufgeschnitten, am Boden der Leitröhre noch Pulver gestreut, und die Stupinen der Bomben damit in Verbindung gesetzt.

Wird aber Figur 61 mit den Hohlkugeln auch noch eine Mine verbunden, so muss der untere Theil des Kastens so hoch gehalten werden, dass er die Pulverladung hierzu aufnehmen kann.

§. 146. (Fig. 62 u. 63. Taf. IV.)

Als Beispiel wird man ein Verfahren der französischen Mineurs anführen, welches sie bei der Errichtung der Bombenflatterminen auf dem Glacis

von Kehl während der Belagerung von den k. k. österreichischen Truppen unter den höchsten Befehlen Sr. kaiserl. Hoheit des Erzherzogs Karl im Jahre 1797 beobachteten. *)

Auf dem Glacis wurden, Fig. 62 und 63, nach dem Beginn der Belagerung mehrere Kleeblattminen (*Trèffles*) mit Bomben geladen angelegt, welche wegen des Wassers nur 5' Tiefe bis zur Sohle erhalten konnten, daher sich die Franzosen entschlossen, den Mangel an einer hinlänglichen W. L. durch eine um so stärkere Ladung zu ersetzen.

Diese Ladung bestand aus acht zwölfzölligen Bomben, wovon jede mit 17 Pfd. Pulver Sprengladung ganz angefüllt war. Sie wurden in einem Kasten von 12", oder des Bombendurchmessers zur Höhe und von 36 Zoll oder des dreifachen Bombendurchmessers zur innern Seite gelegt. Statt der neunten Bombe wurde ein Säckchen a in der Mitte angebracht, welches in seiner grössern untern Oeffnung die Zündwürste fasste, die aus der Mündung der Bomben kamen, und an der kleinern oberen Oeffnung sich mit der Zündwurst der Brand- oder Leitröhre verbanden.

Zur Abhaltung der Nässe wurden doppelte Kästen ineinander gestellt; die innern aus- und inwendig, die äussern aber bloss von innen (wie es scheint nur mit Unschlitt) mit Taufe überzogen.

Eben so wurde die Leitröhre mit ihrer Zündwurst behandelt, und besonders an ihrer Zusammenfügung gut mit Unschlitt getauft. Diese Behandlung der Kästen und Leitröhren hielt sich so gut, dass, als die französischen Mineurs nach der Capitulation die Bomben ausgruben, das Pulver vollkommen gut und brauchbar befunden wurde.

Da jede Bombe 17 Pfd. franz. Gewicht Pulver zur Sprengladung erhielt, so war die Pulverladung von einem Kasten 136 Pfd. franz. oder 119 Wiener Pfd., und die Verbindung der drei Minen B, C, D oder des *Trèffles* 408 Pfd. franz. oder 357 Pfd. Wiener Gewicht.

Die Gräben für die Feuerführungen wurden nur so tief gehalten, dass sie Fig. 63 b auf dem Kasten auflagen. Diese Feuerführungen vereinigten sich Fig. 62 bei A mit derjenigen, welche von G hinter den Palissaden ausging, allwo an jedem Punkt G ein Mineur mit brennender Lunte aufgestellt war, um auf ein gegebenes Zeichen den an-

*) Gumpertz und Lebrun III. Theil.

gebrannten Pfaffen auf den Schuber zu legen, welchen ein anderer Mineur, bei x aufgestellt, abziehen hatte.

Ungeachtet der geringen Tiefe, in welcher sowohl die Kästen mit den Bomben, als die Leit- röhren gelegt wurden, fiel doch bei dem starken Werfen mit Projectilen während der ganzen Be- lagerung nur eine Bombe auf einen Ast und zün- dete die Mine.

§. 147.

Im Allgemeinen machen die Bombenflatterminen eine bessere Wirkung, wenn sie nicht zu tief lie- gen. Uebrigens ist es nothwendig, sie in einer an- gemessenen Entfernung anzubringen, indem sie sonst durch ihre umhergeschleuderten Trümmer der eige- nen Mannschaft leicht eben so gefährlich werden können wie dem Feinde. Hinsichtlich des zu frühen und zu späten Auffliegens unterliegen sie denselben Gebrechen wie die gewöhnlichen Flatterminen.

Fehlt es an der Zeit oder an Materialien, diese beschriebenen Bombenminen auszuführen, so ist es oft hinlänglich, kleine Brunnen abzuteufen, die Bom- ben für sich allein ohne Kasten auf die Sohle zu legen, die nun seichter gehaltene Feuerführung mit der Sprengladung in Verbindung zu setzen, und Brunnen und Graben wieder zuzuschütten.

Folgende Tabelle kann als Behelf zur Anlage von Bombenminen dienen.

k. k. österr. Kali- ber.	Durch- messer		Gewicht in W. Pfd.		volle		Spreng-		Wiegt zusammen bei der				Tiefe, in wel- cher die volle Lad. Trichter erzeugt.
	der Hohlpro- jectile				Ladung nach Wiener Gewicht				vollen Ladung		Spreng- Ladung		
Pfdig.	, „	Pfd. Lth.	Pfd. Lth.	Pfd. Lth.	Pfd. Lth.	Pfd. Lth.	Pfd. Lth.	Pfd. Lth.	Pfd. Lth.	Pfd. Lth.	, „		
7	5 6	12 7	1 —	— 12	13 7	12 19	2 6						
10	6 3	18 4	1 2	— 20	19 6	20 4	3 0						
30	9 8	54 —	3 30	1 6	57 30	55 26	4 6						
60	11 3	108 16	8 24	2 24	117 8	111 8	5 6						
100	13 5	161 26	15 —	3 6	176 26	165 —	6 0						

Steinfougassen. (*Fougasses - pierriers*).

§. 148.

Die Steinfougassen sind nach der Angabe des französischen *Capitaine du genie Villeneuve* in seinem *manuel pratique du mineur 1826* eine Er- findung des französischen Generalen Fleury, und können als verstärkte Steinpöller angesehen werden, welche in der Erde in Gestalt kegelförmiger Trich- ter ausgearbeitet werden, deren Achsen mit dem Horizonte, Winkel von 45 Graden bilden, und in welchen die erforderliche Pulver- und Steinladung angebracht wird.

Die Steinpöller können zwar nach jedem Wurf wieder auf's Neue geladen und gezündet werden, und daher ihre Wirkung fortwährend ausüben, wo hingegen die Steinfougassen nach dem Auffliegen ohne neue Herstellung nicht wieder gebraucht werden können; allein der Steinpöller fasst höch- stens die Ladung von 1 Kub.-Fuss Steine, wäh- rend die Steinfougasse 50 bis 60 Kub.-Fuss, und bei verstärkter Ladung auch mehr zu werfen im Stande ist, daher auch eine viel grössere verhee- rendere Wirkung gegen den Feind ausüben muss, und da man den Transport des schweren Pöllers erspart, so kann sie auch eben sowohl zur Verthei- digung der Feldschanzen, als bei jener in perma-

nenten Befestigungen mit grossem Nutzen um so mehr angewendet werden, als sie mit geringen Ko- sten in kurzer Zeit und in so grosser Anzahl an- gelegt werden können, als man Raum, das nöthige Pulver, einige abgerichtete Mineurs, und die fast überall zu habenden Steine oder andere Projectile vorfindet.

§. 149.

In Anbetracht des Nutzens, welche die Stein- fougassen bei der Vertheidigung der permanenten als Feldbefestigung leisten können, haben Sr. kai- serl. Hoheit der Herr General Genie-Director Erz- herzog Jo h a n n im Jahre 1836 dem Mineur-Corps- Commando den Auftrag zu ertheilen geruht, aus- gedehntere Versuche über die Herstellung und Wir- kung dieser Fougassen auf einem entsprechenden Platz nächst Hainburg auszuführen, und gleichzei- tig jene Zündungsarten zu erproben, welche die wesentlichsten Fehler der Zündwurst beseitigen, nämlich: dass sie das Feuer nicht augen- blicklich in die Kammer bringt, mithin die Mine, besonders bei Feldverschanzungen, gewöhn- lich zu früh oder zu spät auffliegen, und dass sie ungeachtet aller Vorsicht, oftmals der Nässe oder

Feuchte bei längerem Liegen unterworfen ist, und dadurch unverlässlich wird.

Nach dieser höchsten Anordnung wird man dasjenige, was zur Herstellung nothwendig und dabei zu beobachten ist, dann die Ergebnisse der Versuche gedrängt in einer Uebersichtstafel, nebst den dabei vorkommenden Bemerkungen und Schlussfolgerungen, und endlich ihre Anwendung und Zündung, jedoch letztere insoweit als sie zur Verständlichkeit dient anführen, indem eine ausführlichere Beschreibung derselben bei den Zündungsarten vorkommt.

Uebrigens verweist man auf die mittelst Berichts vom 24. November 1836 eingesendete Relation, welche auch im k. k. Mineur-Archiv hinterlegt ist.

§. 150. (Fig. 64. Taf. V.)

Sind die Punkte, wo die Steinfougassen angelegt werden sollen, nebst ihrer Richtungs- oder Wurflinie gegeben, so wird am ersten der Fall oder die Steigung nach dieser Linie gesucht, um danach die Achsen der Elypse entweder durch Rechnung oder Zeichnung zu finden, und da hierbei keine gewissenhafte Genauigkeit nothwendig wird, so ist eine Verzeichnung zur Aussteckung hinlänglich.

Trägt man Fig. 64 die Tiefe der Fougasse von F nach D, zieht aus dem Punkt D die Achse des Kegels D 1 unter einem Winkel von 45° mit der Horizontalen D 2, aus einem Punkt derselben die Senkrechte darauf mit beiderseits $1' 6''$ und zieht die Gleichlaufenden mit der Achse aus den Endpunkten, bis dieselben die Horizontale D 2 in c und die Vertikale F D in E schneiden, so bestimmt c E den Hebespiegel von $3'$ in Quadrat, seine Lage und Auflage.

Macht man $c 2 = F E$, und trägt $\frac{1}{3} F E$ von F nach A und von 2 nach 1, verbindet die Punkte 1 mit c und A' mit E abwärts bis sie sich in den Punkt o, und die Gerade 1, c auch aufwärts, bis sie die Oberfläche des Erdreichs in dem Punkte B schneidet, so sind die zwei Seiten o A und o B des schief abgeschnittenen Kegels B o A und dadurch die erste Achse $AB = a$ der Elypse bestimmt, wovon A o mit der Vertikalen und B o mit der Horizontalen Winkel von nahe $18\frac{1}{2}^\circ$ und mit der Achse Winkel von nahe $26\frac{1}{2}^\circ$ bilden. Nachdem die Senkrechten $m n = d$ Ordinaten der dazu gehörigen Elypse sind, so kann die zweite halbe Achse

$= \frac{b}{2}$ und ihre Brennpunkte nach den Eigenschaften der Elypse gefunden werden, nämlich:

$$\left(\frac{a}{2} + c\right) \left(\frac{a}{2} - c\right) : d^2 = \frac{a^2}{4} : \frac{b^2}{4}$$

$$\left(\frac{a^2}{4} = c^2\right) : d^2 = a^2 : b^2$$

$$b^2 = \frac{a^2 d^2}{\left(\frac{a^2}{4} - c^2\right)}$$

$$\frac{b}{2} = \frac{a d}{2 \sqrt{\frac{a^2}{4} - c^2}} = \frac{a d}{\sqrt{a^2 - 4c^2}}$$

Sucht man diesen Werth von $\frac{b}{2}$ durch Rechnung oder Zeichnung und schneidet aus dem Endpunkte q der halben 2. Achse mit der 1. Halb-achse $\frac{a}{2}$ die Brennpunkte 0 auf dieser ab, so kann man auch die Elypse auf dem Papier und dem Erdreich bestimmen.

Villeneuve gibt Fig. 64 bei der Annahme, dass die Tiefe der Fougasse $= 1,80 \text{ mètres} = 5' 6''$ ist, als hinlänglich genau, folgende Functionen an:

AC die Tiefe d. Fougasse	$= 1,80 \text{ mètr.} = 5' 6'' 0'''$
PC	$0,33 - = 0' 11'' 10'''$
CD = DE	$0,70 - = 2' 1'' 10'''$
CE	$1,00 - = 3' 0'' 11'''$
AF = A'F - $\frac{1}{3}$ EF . . .	$0,37 - = 1' 1'' 8'''$

Die horizontale Entfernung von A nach B $= 0,33 + \frac{1,80}{a + \frac{1}{3}}$; wenn A den Fall des Erdreichs im Verhältniss der Länge in der Achsenrichtung, z. B. $\frac{1}{10}, \frac{1}{15}$ u. s. f. bedeutet.

Die horizontale Abscisse $Am = Bm' . . = \frac{1,43}{a + 1}$

Die Ordinate $mn = m'n' = \frac{1,50 + \frac{1}{2}a}{a + 1}$

§. 151. (Fig. 66. Taf. V.)

Erhält Fig. 66 die Trichterachse eine grössere Elevation über dem Horizonte, z. B. 54° , so wird sie nach diesem Winkel gezogen, und die Linien C c und c E, jede von $1' 6''$ senkrecht auf die Achse aufgetragen, bestimmen den Hebespiegel und seine Auflage bei C und E.

Macht man $FA = \frac{1}{3} FE$, wie zuvor, vereinigt E mit A, so ist diess die Linie der rückwärtigen Trichterwand. Die vordere Linie B C erhält man, wenn der Winkel $B, o, l = l, o, d$ gemacht wird. Die andern Functionen werden wie vorher gefunden.

§. 152. (Fig. 64, 65, 66. Taf. V.)

Die Ausarbeitung der Trichter erfordert eingetübte Mineure; dennoch ist es bei unzureichender Anzahl derselben hinlänglich, wenn bei jedem Trichter 1 oder 2 gut abgerichtete Mineure unter Aufsicht verlässlicher Unterofficiere angestellt werden; die Uebrigen können im Nothfalle Handlanger sein.

Ist das Erdreich haltbar, so kann Fig. 65 die überhängende rückwärtige Wand AE gleich nach diesem Hange ausgearbeitet werden; ist sie aber unhaltbar, so wird sie nach der erforderlichen Böschung abgehoben und mit Wasen, Brettern u. dgl. verkleidet. Die ausgehobene Erde wird rückwärts bei F auf 1' 6" und darüber aufgeführt, damit dem Pulver ein stärkerer Widerstand nach EF entgegengesetzt werde. Von eben dieser ausgehobenen Erde wird auch ein flach auslaufender Kranz um den Trichterrand zur Ableitung des Regenwassers von dem umliegenden Erdreich angebracht.

Bei der Aushebung des Trichters ist Sorge zu tragen, dass rechts und links, und über dem Pulverkasten unter dem Winkel von 45° ein Auflager für den Hebespiegel stehen bleibt. Der Fussboden CD muss Fig. 64 und 65 genau horizontal sein, damit die Diagonalfäche des Pulverkastens gerade in die Trichterachse zu liegen kommt.

Hat diese Trichterachse Fig. 66 eine Elevation über 45°, so wird das Auflager dergestalt hergerichtet, dass der Hebespiegel senkrecht auf die Trichterachse ist, und der Fussboden erhält gegen die rückwärtige Wand einen dergestalteten Fall, dass die Diagonalfäche des Pulverkastens wieder in die Trichterachse fällt.

Gleichzeitig mit der Ausarbeitung des Trichters wird auch der Graben zur Legung der Leitröhre ausgehoben. Seine Tiefe richtet sich nach den Umständen. Jedenfalls muss die Leitröhre eine Lage erhalten, dass sie bei der Raketenzündung oben in dem Pulverkasten in den leeren Raum gelangt, um welchen derselbe grösser gemacht wird. Geschieht die Zündung mit dem Percussionsschloss, so muss die Leitröhre zu dem kleinen Kästchen gelangen, welches zur Aufnahme des Schlosses gewöhnlich am Boden des Pulverkastens angebracht wird. Die zum Abziehen des Percussionsschlosses erforderliche Schnur wird in dem Pulverkasten an dem Schloss vorerst mit einem Knebel befestigt, und wie man mit der Legung der Leitröhre fort-

fährt, auch vorsichtig immer in dieselben eingelegt, das Deckbrett über der Leitröhre befestiget, und die Erde eingeräumt und gut gestossen.

§. 153. (Fig. 65. Taf. V.)

Ist der leere Pulverkasten auf dem Fussboden aufgestellt, die Leitröhre gut eingepasst sind alle leeren Räume an seinen Seiten ausgefüllt und dergestalt befestiget, dass im Falle die Zündung mittelst des Percussionsschlosses zu geschehen habe, beim Abziehen desselben keine Verrückung stattfinden kann, so wird das Percussionsschloss befestiget, der Knebel von der Schnur abgelöset, und letztere an das Schloss befestiget, die Zündhütchen auf ihre Pistons, und die Schlagfedern auf ihre Ruhe gesetzt, das Pulver eingeführt, der Kasten mit seinem Deckel bedeckt, und der Hebespiegel genau auf seine Auflage unter 45° gelegt; alsdann die wenigstens 3 bis 12- und mehrpfündigen Steine anfangs langsam, damit kein Unglück herbeigeführt werde, dergestalt geschichtet, dass die Oberfläche derselben senkrecht auf die Wurflinie oder Trichterachse ist. Bei erhöhter Elevation der Achse Fig. 66 schichtet man die Steine mit den geringst zu erzielenden Zwischenräumen bis beiläufig 6 Zoll unter die Oberfläche des Erdreichs, damit darüber Erde und Wasen gebreitet werden könne, welche den Trichter für den Feind, selbst mit bewaffnetem Auge, unkenntlich machen. Dieserwegen wird auch die aus dem Trichter erzeugte Erde nicht rückwärts desselben aufgehäuft, sondern verführt.

§. 154.

Der Pulverkasten mit seiner Zündvorrichtung und Ladung kann entweder alsogleich nach Beendigung der Vorarbeiten, oder erst dann, wenn es die Umstände erfordern, aufgestellt werden. Im letzteren Falle muss die Trichteröffnung mit einem leichten Dach bedeckt werden.

Bleibt die Pulverladung längere Zeit unter der Erde, so muss man sie durch bekannte Mittel vor Nässe und Feuchte schützen.

Ist der Mineur mit All und Jedem fertig und in der Ordnung, so erwartet er nach Angabe des 1. Theils das Zeichen zur Zündung.

§. 155.

Auf dem gewöhnlichen Exercierplatz nächst Hainburg wurden in einem zu diesem Zwecke un-

vortheilhaften Erdreiche, welches aus Sand mit Lehm und Steinen vermisch, bestand, daher verkleidet werden musste, 4 dergleichen Steinfougassen von 4' 6"; 5' 6" und 6' Tiefe ausgearbeitet, wobei sich das Resultat ergab, dass diese Steinfougassen, wenn die dazu nöthigen Behelfe und Bedürfnisse vorbereitet vorhanden sind, durch 3 geschickte abgerichtete Mineurs und 9 Handlanger bei jeder Fougasse, in 4 bis 4½ Stunde ausgeführt und bis zur Zündung hergerichtet werden können; wobei es sich von selbst versteht, dass, wenn die Feuerleitung eine grössere Länge wie 4 bis 5 Klafter erhält, auch die Handlanger verhältnissmässig vermehrt werden müssen, wenn die obgedachte Zeit eingehalten werden solle.

Bei sehr gutem Erdreich zeigte sich der Zeitaufwand von 3½ Stunden, wobei man wieder drei geübte Mineure als Vorarbeiter und 9 als Handlanger benötigte.

§. 156.

In der hier folgenden Uebersichtstafel sind die 9 im Jahre 1836 ausgeführten Versuche mit Steinfougassen in einem zur Herstellung derselben sehr günstigen Erdreiche, welches aus Lehm mit etwas feinem Sande gemischt, bestand, und keiner Verkleidung bedurfte, mit ihren nothwendigen Angaben und Resultaten enthalten, daher man die detaillirte Beschreibung dieser Versuche nicht, wohl aber die dabei erhobenen Resultate und Bemerkungen darüber anführen wird.

Nummer der Steinfougasse	Trichtertiefe		Achsen- winkel mit dem Hori- zonte	Quadratseite des Masses der 3½ Zoll di- cken Hebe- spiegel		Ladung mit					Wurfweite der Steine vom Trichter			Zündung mit
						3—12- pfünd. Steine	40gradigem Pulver		Grösster Ertrag		grösste Wirkung bei			
							berechnet	gegeben	nach der Wurflinie	nach der Breite				
												Schritte		
,	„	Grade	,	„	Kub. F.	Pfund	Loth	Pfund	Loth					
1	6	0	45	3	0	60	50	—	45	—	162	93	100	Percussion
2	5	0	45	2	10	40	33	16	30	—	75	70	62	Rakete
3	6	0	45	3	0	60	50	—	45	—	195	192	100	Percussion
4	5	6	45	3	0	50	41	21⅓	40	—	175	120	100	„
5	6	0	45	3	0	60	50	—	45	—	210	160	125	„
6	5	6	45	3	0	50	41	21⅓	40	—	170	102	100	„
7	5	0	45	2	10	30	25	—	30	—	205	150	103	„
8	5	6	54	3	0	50	41	21⅓	40	—	230	165	150	„
9	5	6	54	3	0	50	41	21⅓	40	—	235	100	100	„

§. 157.

Nach Vergleich der Umstände hat man nach Smola's Taschenbuch für k. k. Artillerie-Officiere 1831 die Pulverladung für 120 einpfündige Eisenschrote, welche mittelst 1 Pfund Pulver unter Winkel von 15° bis 25° auf 460 bis abwärts 200 Schritte werden, als Basis angenommen. Nun kann man 1 Kubikfuss gut geschlichtete Steine auf 100 Pfd. annehmen.

Es verhält sich demnach das Gewicht der Eisenschrote zu seiner Pulverladung wie das Gewicht der Anzahl Kubikfuss Steine zu seiner Pulverladung, was z. B. für 60 Kubikfuss Steine gibt:

$$120 : 1 = 6000 : x = 50 \text{ Pfd. Pulver.}$$

Nach der Uebersichtstafel ist zu entnehmen, dass eine Verminderung der berechneten Pulverladung nur bei grösserm Kub.-Mass Steine von 50

bis 60 Kub.-Fuss rathsam ist, dass eine Verminderung bei der kleinern Kubik-Zahl Steine der Fougasse Nr. 2 nachtheilig, hingegen eine Vermehrung der Ladung bis 30 Kub.-Fuss Steine von 25 auf 30 Pfd. Pulver einen weitem Ertrag bewirkte.

Die Ladungen in den 6' tiefen Trichtern mit 45 Pfd. Pulver und 60 Kub.-Fuss Steine, waren in Wirkungen von jenen in einem 5' 6" tiefen Trichter 40 Pfd. Pulverladung und 50 Kub.-Fuss Steinen, nur in dem dichtern Steinhagel, nicht aber in einem grössern Ertrag verschieden. Aus dem Versuche Nr. 2 wurde gefunden, dass einige Steine rückwärts des Trichters geworfen wurden, weil sie bis an den obern rückwärtigen Trichterrand aufgeschlichtet waren, daher bei jenen unter 45 Grad geworfenen Steinen die Aufschlichtung derselben

höchstens bis 6" unter diesen Rand geschehen darf. Die Zündung mit dem Percussionsschloss und grösseren Zündhütchen von 2" Durchmesser wurde bei der angebrachten Vorrichtung nicht verlässlich befunden, indem es einmal bei Nr. 5 versagte. Man räumte die Steine aus, fand das Schloss abgeschlagen und das Zündhütchen von 2" Durchmesser unversehrt. Das Schloss wurde abgenommen, gespannt, und es detonirte. Man brachte ein anderes vorräthiges Schloss mit 2 Pistons und kleinen gewöhnlichen Zündhütchen an, lud die Fougasse wieder, und die Sprengung erfolgte ohne Anstand.

Flintenzündhütchen von 1" Durchmesser auf zwei Pistons versagten niemals. Zur Ausladung, so wie zur neuen Ladung wurden 1½ Stunde Zeit erfordert.

Die Trichter können nach den Versuchen von Nr. 4 und Nr. 5 bei gutem Erdreich bis auf 15 Fuss von Mitte zu Mitte genähert werden.

§. 158. (Fig. 65. 67. Taf. V.)

Die Steinfougassen Fig. 65 und 67 von Nr. 1 bis Nr. 7 sind jenen von Villeneuve beschrieben ähnlich; die Abweichung besteht nur in der Zündung mit Percussion und Raketen, anstatt der mit der Zündwurst, auf welch' letztere Villeneuve auch schon hingedeutet hat, und hier erprobt, vortheilhafter wie jede der bis jetzt bekannten Zündungsarten sind. Auch wurde der Einfachheit und des Zeitgewinns wegen die Oberfläche der Steine flach, statt im Bogen geschlichtet, was keinen Unterschied in der Wirkung hervorzubringen schien.

Diese Fougassen, so vortheilhaft sie sind, können nur hinter einer Deckung, über welche sie wegfliegen, und welche sie dem feindlichen Auge und Feuer entziehen, mit Vortheil angewendet werden, denn wenn sie freiliegen, so entdeckt sie der Feind von weitem, und zerstört selbe mit schwerem Geschütze noch ausserhalb des Ertrages der Steine. Man musste also suchen, diesem Nachtheil möglichst dadurch zu begegnen, dass sie auf freiem Felde dem Auge des Feindes unkenntlich gemacht, und nicht durch sein Geschütz entdeckt und zerstört werden, noch bevor sie zur Entladung in ihren wirksamsten Ertrag kommen können.

Diess kann bewerkstelliget werden, wenn die dem Feinde entgegenstehende Mündung des Trichters oberhalb der Steinladung mit Erde und Wasen ausgefüllt, und dem umliegenden Erdreich

gleichförmig gemacht wird. Dieses Verfahren ist bei den von Villeneuve beschriebenen Trichtern nicht thunlich, indem zu viel Erde auf die Steinladung zu liegen käme, und jede andere Auffüllung mit Stroh und dergleichen nur für kurze Zeit Dienste leisten würde, daher nicht wohl etwas anderes erübrigte, als den Trichter durch die Erhöhung seiner Achse dergestalt zu vermindern, dass er nur die Ladung nebst einer geringeren Erd- und Wasenbedeckung aufnimmt.

Durch diese Anordnung entsteht aber der Nachtheil, dass die kürzeste W. L. nicht mehr nach der Trichterachse, sondern Fig. 66 nach der Linie F D fällt. Die Bedenklichkeit dieses Umstandes wurde aber durch die Betrachtung überwogen, dass die Lage des Hebespiegels, welcher die eigentliche Richtung des Auswurfes bestimmt, so wie der locker aufgeführten Steine eine Wirkung hervorbringen werde, welche senkrecht auf dem Hebespiegel, mithin nach der Trichterachse ohne namhafte Rückwirkung sich bewegen werde.

Der Erfolg bewährte sich wohl grösstentheils bei den Trichtern Nr. 8 und Nr. 9, Fig. 67, allein dennoch wurden einige wenige Steine auf 10 bis 12 Klafter rückwärts geworfen.

Da man hierbei bemerkte, dass die rückwärtige Trichterwand gänzlich zerstört und zerrissen wurde, und dass durch die Risse und Unregelmässigkeit des Erdreichs die an dieser Wand anliegenden Steine aus ihrer Richtung gebracht wurden, so hat man späterhin bei 4 Fougassen die rückwärtige Trichterwand mit zweizölligen Pfosten auf rechts und links 6 Zoll in die Erde eingreifende Polsterhölzer befestiget, verkleidet, in der Voraussetzung, dass die Wirkung des Pulvers auf die Pfostenwand einen stärkern, gleich vertheilten Widerstand finden, und die Steine nach der Fläche der Pfosten abgleiten werden. Diese Voraussetzung hat sich auch verwirklicht.

§. 159. (Fig. 67. Taf. V.)

Es war noch die für die Flatterminen überhaupt, so wie für die Steinfougassen insbesondere wichtige Untersuchung übrig: ob man auch die Zündung und die Wirkung dieser Steinfougassen dergestalt in seiner Macht habe, dass jede Fougasse für sich, oder mehrere zugleich im nämlichen Augenblick der Zündung auffliegen.

Diesem zufolge wurde in Gegenwart Seiner

Excellenz des Herrn Feldmarschalllieutenants Grafen Baillet de Latour, mehrerer Generäle, Stabs- und Ober-Officiers ein zur Erprobung dieser Aufgabe geeignetes Manöver angeordnet, wozu die Reste noch vorhandener Uebungsschanzen die Gelegenheit darboten. Das in Bezug auf die Fougassen und ihre Zündung beobachtete Verfahren bestand in Folgendem:

Zwölf Steinfougassen Fig. 67 wurden nach der vortheilhaftesten anerkannten Tiefe von 5' 6" mit 40 Pfd. Pulver und 50 Kub.-Fuss Steinen geladen, wovon jene von Nr. I bis Nr. VIII mit einer Achsen-Elevation von 45 Grad, und mit Ausnahme von Nr. VIII rückwärts einer Erdbrüstung, und jene von Nr. IX bis Nr. XII am Fuss des Glacis unter einer Achsen-Elevation von 54 Grad mit eben jener Ladung versehen, auf ihrer Oberfläche mit Wasen und Erde dergestalt bedeckt wurden, dass es selbst dem bewaffneten Auge des Feindes unmöglich gewesen wäre, ihre Anlage zu entdecken. Die Halbscheide der Fougassen, nämlich: Nr. I, II, V, VIII, X und XI wurden zu Percussions-, und die andere Halbscheide, nämlich: Nr. III, IV, VI, VII, IX und XII zur Raketenzündung vorgerichtet.

Die Fougassen Nr. I, IV, VII und X wurden nach dem Trommelzeichen nach dem Commando Feuer! einzeln abgefeuert.

Die Detonation geschah sowohl mittelst des Percussionsschlusses als der Rakete augenblicklich. Die Wirkung war vollkommen, die Steine wiegen bis 200 Fuss, und bedeckten die vorliegende Wiese auf die ganze Länge der Verschanzung in einer Weite von 200 Schritten.

Man überzeugte sich an Ort und Stelle von der verheerenden Wirkung, welche ein dergleichen Steinregen auf einen stürmenden Feind hervorbringen musste.

Auf ein zweites Trommelzeichen wurde das Commando zur Zündung der 4 Fougassen Nr. II, V, VIII und XI mittelst Percussion und gleichzeitiger Zündung gegeben. Alle 4 Percussionsschlösser wurden gleichzeitig abgezogen, und die Explosion erfolgte augenblicklich in unmerklichen Zwischenräumen. Die Wirkung war wie die vorige, und wegen der vereinten Decharge noch ausgebreiteter.

Ebenfalls wurde das gleiche Trommelzeichen und Commando zur gleichzeitigen Zündung mit-

telst Raketen der Minen Nr. III, VI, IX und XII gegeben.

Man schickte einen Schnurläufer (eine Rakete, welche an einer angespannten Schnur nach der Zündung fortläuft) von a nach b, welcher die zwei allda liegenden Raketen rechts und links, und diese rechts und links laufend wieder 4 andere c, d, e, f in den 4 Winkeln der Leitröhren in einer solchen Geschwindigkeit zündeten, dass es fast einem einzigen Schuss gleich kam. Bei diesen Versuchen wurde erhoben:

1) Dass die Zündung mittelst Percussion oder mittelst Raketen zu jeder beliebigen Zeit, und wenn der Feind in den wirksamsten Ertrag der Steinfougassen gelangt, augenblicklich bewerkstelliget werden kann, und dass dem Feinde keine Zeit übrig bleibt, sich weder vor- noch rückwärts aus dem Steinhagel zu ziehen.

2) Dass man es vollkommen in seiner Macht hat, diese Steinfougassen, somit auch alle andern Flatterminen, entweder einzeln, oder mehrere zugleich wirken zu lassen.

3) Dass die Steinfougassen mit einer höhern Elevation als 45° Vollfüllung des Trichters mit Steinen, und Bedeckung gleich dem umliegenden Erdreiche, um sie dem Feinde unkenntlich zu machen, und dessen Feuer zu entziehen, durch die grössere Höhe, auf welche die Steine steigen, ohne bei der nämlichen Pulverladung an ihrer Wurfweite zu verlieren, eine, wo nicht grössere, doch mindestens gleiche Wirkung wie jene mit unter 45 Grad geneigten Achsen der offen daliegenden Fougassentrichter hervorbringen. Ferner

4) dass die Rückwirkung der Fougassen mit erhöhter Elevation bis 54° bei der Verkleidung der rückwärtigen Trichterwand mit zweizölligen Pfosten und fünfzölligen Polsterhölzern nur auf die Holzstücke und auf eine Entfernung von höchstens 25 bis 50 Schritte sich erstreckte, und kein einziger Stein zurückgeworfen wurde.

Durch fortgesetzte Versuche dürfte auch dem letzteren geringeren Nachtheil vorgebeugt werden können.

§. 160. (Fig. 68. Taf. V.)

Die vom Capitaine du génie Villeneuve Fig. 68 angegebenen Steinfougassen, welche zur Vertheidigung der Gräben vorgeschlagen sind, dürften zwei wesentliche Mängel haben:

1) Wird die obere Erdbedeckung a, b, c, die nur mittelst einer Verkleidung so stark überhangend erhalten werden kann, unbezweifelt und vielleicht schon früher, als die Steinladung ausgeworfen wird, eingestürzt sein, und ein Theil der Steine ausser seiner Achsen-Richtung, mithin auf die eigenen hinter der Brustwehre einer Feldschanze aufgestellten Vertheidiger wirken.

2) Bei einer sehr schwachen Ladung aber, um obigen Nachtheil zu vermeiden, dürfte die Wirkung nicht gross, und nicht leicht einen tapfern Feind, der schon einmal im Graben ist, vom Sturm abhalten; ist die Ladung aber stärker, so würde die Wirkung ungeachtet einer nicht allzeit anzubringen möglichen Deckwand, welche sehr hoch sein müsste, sollte sie Nutzen bringen, der eigenen Besatzung eben so gefährlich wie dem Feinde werden. Daher wird es rathlich, selbst eigene Versuche über diese Gattung Steinfougassen abzuwarten, bis man sich ihrer zu bedienen erlaubt.

§. 161. (Fig. 69. Taf. V.)

Die Steinfougassen Fig. 69 zum Laden nach Belieben mittelst eines Schlauches a, welcher nach der Ladung wieder mit Sandsäcken ausgefüllt wird, scheint nach der vervollkommeneten Zündungsart mittels Percussion und Raketen keinen besonderen Nutzen zu versprechen, indem die Herstellung einer Steinfougasse, bei den hinlänglichen Mitteln in kurzer Zeit bewirkt werden kann. Stellt man bei einer Verschanzung oder einem Festungswerke die Trichter und die Leitröhren zur Feuerleitung her, legt, im Falle mit Percussion gezündet wird, auch die Ziehschnur, welche die Brustwehre oder andere Hindernisse zu passiren haben, im Voraus ein, und bedeckt ersteren einstweilen mit einem leichten Dach gegen den Regen und Schnee, so ist die Ladung und gänzliche Instandsetzung zur Zündung in einer halben Stunde bewirkt, welche Zeit dem Vertheidiger immer zu Gebote stehen wird. Auch wird es besonders bei einem etwas abhängenden Erdreiche und bei den im 1. Theil angegebenen Vorsichtsmaassregeln gegen das Eindringen der Nässe leicht möglich, die Pulverladung auf längere Zeit besonders in einem gut verkitteten eisenblechenen Pulverkasten zu sichern.

§. 162. (Fig. 70. Taf. V.)

Bei dem Mangel an geschickten Arbeitern ist der Trichter anstatt nach einem abgestutzten Kegel

auch Fig. 70 nach einer abgestutzten Pyramide herzustellen, was keine weitere Auseinandersetzung nothwendig hat.

§. 163. (Fig. 71 und 72. Taf. V.)

Der grösste Nutzen, den die obangeführten Steinfougassen leisten, wird dem Vertheidiger zu statten kommen, obwohl auch der Angreifer bei einigen besonderen Fällen sich ihrer bedienen kann. Es wird daher nicht überflüssig sein, einige Fälle anzuführen, allwo sie mit Erfolg angewendet werden können.

Ist bei der zu erwartenden Belagerung einer Festung die Angriffsseite bekannt, so kann der Vertheidiger so viel Steinfougassen, als er Zeit und Mittel dazu hat, und zwar, wenn Minen unter dem Glacis vorhanden sind, Fig. 71 auf 20 bis 30 Klafter vor dem Fusse desselben mehrere Oefen a anbringen, die Trichter ganz ausfüllen, und die bedeckten Leitröhren bis in die dazu anwendbaren Galerien oder Ecouten führen, um entweder von hier aus, oder mittelst eines fortgeführten Leitfeuers aus dem bedeckten Weg hinter den Palisaden Fig. 72 die Zündung zu bewerkstelligen.

Indem aber diese Fougassen bis auf 15 Fuss einander genähert werden können, so wird ihre gehäufte Anbringung besonders an den Kapitallinien zur Bewerfung der Annäherungen zwischen der 2. und 3. Parallele u. s. f. von Nutzen sein.

Sind keine Minen unter dem Glacis vorhanden, so dürfte es etwas beschwerlicher werden, die Zündung schon auf die Entfernung von mehr wie 50 bis 60 Klaftern vom bedeckten Weg aus zu bewirken. In diesem Falle kann man die bedeckten Steinfougassen b mit erhöhter Elevation am Fusse des Glacis anlegen, und die Zündung vom bedeckten Weg aus bewerkstelligen. Sie werden gegen die Annäherungen zur 3. Parallele, gegen diese selbst, und gegen die daselbst erbauten Batterien wirksam sein. Eben so kann man auch diese Fougassen auf der Mitte des Glacis gegen die ferneren Annäherungen anlegen und gelegentlich zünden. —

Bei weiterem Vordringen des Feindes werden offene Steinfougassen c in dem bedeckten Weg, besonders in den ausspringenden Waffenplätzen gegen die Laufgräben Cavaliere, oder sonstige Verbauungen am Glacis angebracht. Kann der Vertheidiger wegen des wirksamen nahen Feuers

des Angreifers, diese Arbeit nicht mehr zu Stande bringen, so können diese Fougassen d ohne Nachtheil der Werke, da der erzeugte kleine Trichter leicht wieder ausgefüllt werden kann, in den rückliegenden Werken angelegt werden.

Endlich können sie gegen die Verbauung auf der Bresche, oder gegen einen Sturm über selbe, besonders wenn ein Abschnitt vorhanden ist, noch die letzten Dienste leisten.

§. 164. (Fig 73. Taf. V. und 74. Taf. VI.)

Bei der Vertheidigung der Feldschanzen sind die gedeckten Steinfougassen mit erhöhter Elevation, wie schon gezeigt wurde, vorzüglich anwendbar. Man wird nur einige Beispiele anführen.

Ist eine Verschanzung aus Mangel an Zeit oder andern Ursachen mit weit von einander entfernten detachirten geschlossenen Werken wie in Fig. 73 a, b, c hergestellt, so kann der Zusammenhang dieser Werke durch die bedeckten Steinfougassen hergestellt werden, indem es dem Angreifer, wollte er zwischen zwei Werke durchbrechen, viel Aufopferung kosten würde, und wenn

er von der Anlage unterrichtet ist, schwerlich diesen Angriff unternehmen wird.

Die Zündung kann entweder aus den Schanzen a, b, c selbst, oder auch aus kurzen in einigen Stunden hergestellten Laufgräben d und e geschehen. Die Herstellung dieser Fougassen wird bei weitem weniger Zeit bedürfen, und wahrscheinlich mehr Eindruck auf den Feind machen, wie in der Eile erbaute Werke.

Nicht minder kann Fig. 74 eine geregelte, aufgebaute Feldverschanzung durch vorgelegte Steinfougassen auf 20 bis 30 Klafter von dem äussern Grabenrande, und auch weiter mit wenig Kosten- und Zeitaufwand verstärkt werden; und die Zündung eben so wie vorher, entweder aus den Werken selbst, wie bei g oder aus rückwärts liegenden Fleschen h, i, k, Laufgräben, Schulterwehren u. s. w. erfolgen. Auch können die Leitröhren nach Umständen zwar zu jeder Mine eine eigene, jedoch mehrere zusammen in einem Graben neben einander bis zu einem gemeinschaftlichen Zündorte geführt werden.

Galerie - Fougassen, auch *Contre-puits* genannt.

§. 165.

Die Galerie - Fougassen können bei einem wenig ausgedehnten Minensysteme, oder welches zwar ausgedehnt ist, aber nur tief liegende Galerien hat, die man nebst dem grossen Pulveraufwand, den diese Minen für oberirdische Wirkungen bedürfen, schonen will, und gegen den von dem Angreifer versuchten Bau der unverdämmten Brunnenminen, so wie zur Bekämpfung der feindlichen Verbauungen auf dem Glacis gute Dienste leisten. Diesem zufolge wurde von Seiner kaiserl. Hoheit dem Herrn General - Genie - Director Erzherzog Johann anzubefehlen geruht, Versuche nächst Hainburg in dem Jahre 1837 über die von dem französischen General Fleury im Jahre 1820 erfundenen, sogenannten *Contre-puits* (Gegenbrunnen) auszuführen, welche dem *Manuel pratique du mineur* von Villeneuve entlehnt sind.

Man findet es angemessen und nothwendig, diesen Gegenstand in einer grössern Ausdehnung vorzutragen, ohne jedoch in das ganze Detail des

Versuches einzugehen, welches in der im k. k. Mineur - Archiv hinterlegten Relazion vom 15. December 1837 zu ersehen ist.

§. 166.

„Unter *Contre-puits* versteht man Minenkammern, welche in einer gewissen Entfernung oberhalb der Decke der Vertheidigungsgalerien dergestalt angelegt werden, dass diese Minenkammern zu jeder Zeit von den Galerien aus geladen, verdämmt und gezündet werden können, ohne durch ihre Explosion letztere zu beschädigen.“

„Damit der Gebrauch dieser Minen nicht in den Galerien oder Ecouten die freie Bewegung und Communication hindert, werden sie seitwärts derselben in Zweige von 9' bis 12' Länge angelegt, wodurch zugleich der Vorthail erzielt wird, dass, wenn der Angreifer in die Tiefe der Trichter, welche durch die Explosion der Minen erzeugt werden, Pulversäcke legt und zündet, um die Decke der darunter befindlichen Galerien einzudrücken, sie keinen Schaden erleiden.“

§. 167. (Fig. 75—80. Taf. VI.)

Nach dieser von Villeneuve angegebenen Erklärung und weiters beschriebenem Verfahren zur Herstellung dieser *contre-puits* wurde folgendermassen vorgegangen:

Aus der gemauerten Capitalgalerie J, K, Fig. 75 benützte man 4 Blindfelder (*amorces*), um eben so viele Zweige von 15' Länge, 2' 6" Breite und 3' Höhe zu errichten, damit aus diesen die Ladung, Verdämmung und Zündung der 4 Minen Nr. I, II, III und IV bewirkt werden könne. Diese Zweige wurden gegen den Druck der beiläufig 14' oberhalb derselben aufliegenden Minen dergestalt verstärkt, dass man die Gestelle unter der halben Verzugslänge, nämlich auf 1' 4" von Mitte zu Mitte setzte. Oberirdisch, entsprechend mit diesen 4 Zweigen, auf 12 Fuss Entfernung von der Mittellinie der Capitalgalerie, teufte man rechts und links 4 Brunnen von 3' in Quadrat bis auf die Decke ihrer Zweige ab, legte auf diese die Deckel a von 2zölligen Pfosten und befestigte sie. Sowohl diese Deckel a als die Decke der Zweige wurden dergestalt ausgeschnitten, dass man eine viereckige von innen gut gehobelte Rinne b von 4" im innern Lichte, und eine andere innen ebenfalls glatt gehobelte Rinne, die nur 1" im innern Lichte mass, und an ersterer befestiget war, durchstecken und an der Decke befestigen konnte. Diese mit-sammen verbundenen Rinnen wurden bis auf die halbe Höhe des Pulverkastens geführt, und die Mandrins oder Verdämmungshölzer g (Fig. 76) so lang gemacht, dass sie oben mit ihrer pyramidenförmigen Spitze durch den Boden der Minenkammer oder des Pulverkastens K, Fig. 75, hindurch bis an dessen Deckel reichten.

Nach der Befestigung dieser Rinnen wurde die Erde über die Deckel a nach allmählicher Wegnahme der Kränze und Verzugsbretter angeschüttet und möglichst fest und gut gestossen, bis sie die Höhe erreichte, allwo die Pulverkästen K aufgesetzt werden mussten.

Indem diese Kästen 1' 10" zur Seite und 2' zur Höhe haben, und die Tiefe der Minen von 8' unter dem Horizonte des Erdreichs bis zum Mittelpunkt der Kästen gerechnet wurde, so ist die Tiefe der Sohle derselben 9', auf welche diese Pulverkästen mit zweizölligen Deckeln bedeckt aufgesetzt wurden. Endlich wurde noch die übrige

Brunnentiefe mit gut gestossener Erde bis auf die Oberfläche des Glacis ausgefüllt und ausgeglichen.

Die Ladung bewerkstelligte man aus den Zweigen mittelst eines vierkantigen 8" hohen Gefässes d, Fig. 77, welches leicht durch die Rinne ging. An seinem untern Ende hatte es die Gestalt einer Pyramide, an deren Spitze die Befestigung f beweglich an dem gegliederten mit Charnieren versehenen Ladstock angebracht ist; an dessen obern Ende bei f befand sich eine Feder, welche durch ihren Seitendruck bei der vertikalen Einführung des Pulvers durch die Rinne b, Fig. 75, dasselbe in den Pulverkasten K ausleeren macht. Damit das kupferne Ladegefäss bei der Rückziehung durch die Rinne nicht stecken bleibe, musste eine hölzerne Vorrichtung q an dem obern Glied des Ladstockes gleich unterhalb des Gefässes angebracht werden. Es besteht aus einem Kästchen von demselben Gevierte des kupfernen Gefässes, damit es leicht durch die Verbindungsminen geschoben werden kann. Die Brettchen selbst sind unter sich verbunden.

Die Einübung der Mineure zum Laden geschah anstatt mit Pulver mit feinem Sande, noch bevor der Deckel auf den Pulverkasten gelegt wurde, damit man jedem Anstande im Vorhinein abhelfen konnte. Wegen der nur 3' hohen Zweige musste diese Arbeit von einem Unterofficier sitzend mit 2 Gehilfen verrichtet werden.

Zur Verdämmung wurden die hierzu bestimmten, genau in die $\frac{3}{4}$ zöllige Rinne b passende Mandrins oder Verdämmungshölzer g, Fig. 75, genommen; sie sind in mehrere ungefähr 2' 6" lange Glieder abgetheilt, und durch Rinnen, die in den Vertiefungen h angebracht sind, unter sich verbunden. Das oberste Glied i dieser Mandrins wurde zugespitzt, damit die Wirkung des Pulvers auf dasselbe weniger abwärts geschieht. Am untern Ende des untersten Verdämmungsgliedes wurde ein Querholz angebracht, dasselbe mit ein oder mehreren Stützen, welche bis auf einen Pfosten an der Sohle des Zweiges reichten, unterfangen, um dem Stoss abwärts möglichst zu begegnen.

Die Zündung geschah theils mit Raketen, theils mit Stupinen, Fig. 78, 79 und 80, entweder durch die an der Verbindungsröhre b angebrachte Rinne c, oder durch einen an den Seitenflächen oder in der Mitte des Mandrins angebrachten Schlauch.

Man war, Fig. 75, bei Anlegung der 4 Fougassen, dann der feindlichen Verbauung und Absenkung der 2' 4" tiefen und 2' breiten Brunnen zu unverdämmten Minen darauf bedacht, sie in die verschiedenen Lagen zu bringen, als sie bei einer Belagerung wirklich vorkommen können.

So liegt der Ofen Nr. I. rückwärts ausserhalb des Grabens, aber nahe daran.

Der Ofen Nr. II. liegt unter dem Graben selbst.

Der Ofen Nr. III. liegt ebenfalls ausser dem Graben, jedoch mehr wie Nr. I. von diesem entfernt.

Der Ofen Nr. IV. endlich unter der Brustwehre der Verbauung.

Die Ladung dieser Minen gibt Villeneuve zu 50 Kilogramm Pulver an, welche 89¼ Pfd. Wiener Gewicht machen.

Die Zündung wurde bei den Minen Nr. I., II. und III. mit Raketen bewirkt, welche am untern Ende des Schlauches eingelegt und durch einen vorgeschobenen Stift allda festgehalten wurden.

In dieser Rakete waren Stupinen befestigt, die bis an die Sohle der Galerie auf Loderpulver reichten, welches man wieder durch andere Raketen oder durch das Percussionsschloss in Brand setzte. Bei der Mine Nr. IV. ward die Zündung mittelst Stupinen allein versucht, welche durch die Mitte des Verdämmungsholzes Fig. 80 liefen, und um die Stupinen und einen Schwärmer auf dem obersten Glied des Verdämmungsholzes befestigen zu können, wurde dasselbe nicht zugespitzt, sondern nur etwas über die halbe Höhe des Pulverkastens vorstehen gelassen.

§. 168.

Die hier folgende Tabelle gibt eine allgemeine Uebersicht dieser Versuche.

Nro. der Minen	Erforderliche Zeit zur					Trichtertiefe unter dem Erdhorizonte		Höhe des Trichter-Kranzes		Ganze Trichtertiefe		Durchmesser			
	Pulverladung	Verdämmung	Feuerführung	Von dem Befehl bis zur Zünd.	Zusammen							auf dem Erdhorizonte		auf dem Kranze	
												des Trichters			
	Minuten					‘	‘	‘	‘	‘	‘	‘	‘	‘	
I.	22	9	5	2	38	3	6	1	2	4	8	15	0	18	0
II.	21	8	4	1½	34½	3	0	1	0	4	0	16	6	18	0
III.	24	10	12	1	47	3	4	0	10	4	2	17	0	19	6
IV.	25	9	14	1½	48½	3	5	1	4	4	9	15	0	20	0

Minenlehre II.

Fernere Beschreibung der Resultate.

Ofen Nr. I.

Die Detonirung war schwach; die Garbe stieg beinahe 40'; die Erde und die Steine wurden in einem Umfange von 15 Klafter gegen die dritte Parallele und von 30 Klafter gegen den bedeckten Weg geworfen; doch fiel der grösste Theil in und um die Verbauung L. M., Fig. 75.

Die auf 6' unter der Sohle der Verbauung mit Bretkränzen und fussweiten Zwischenräumen in einem ziemlich haltbaren Erdreich verkleideten Brunnen Nr. 1 und Nr. 2 von 2' 4" und 2' im Gevierte, und wovon Nr. 1, 12'. Nr. 2, 10' Mitte zur Mitte vom Ofen Nr. I. entfernt lagen, wurde der erste bloss eingedrückt und zum augenblicklichen Gebrauch ungeeignet gemacht, letzterer aber gänzlich eingestürzt und verschüttet.

Unterirdisch wurde das Querholz unter dem untern Mandringlied gebrochen, und letzteres bis auf die halbe Höhe des Zweiges unbeschädigt herabgedrückt.

Ofen Nr. II.

Die Detonirung war ziemlich stark, die Garbe stieg beiläufig bis 120 Fuss. Die Steine wurden auf 40 bis 50 Klafter rund herum geworfen, jedoch fiel der grösste Theil wieder in die Umgebung des Trichters, der Verbauung und in die dritte Parallele. Mehrere Steine fielen auch in den bedeckten Weg und in den Graben.

Die Brustwehre mit den Sappkörben wurde auf 18' Länge in den Graben geschoben. Weder der Brunnen Nr. 3 auf 14', noch jener Nr. 4 auf 13' Entfernung von dem Ofen Nr. II. wurden namhaft beschädigt; sie konnten in einer halben Stunde wieder hergestellt werden.

Ofen Nr. III.

Weil es Umstände geben kann, dass ein Brunnen zu unverdämmten Minen auch ausserhalb des Verbauungsgrabens abgeteuft werden könnte, so verfertigte man den Brunnen Nr. 5 auf 11' Entfernung von der Kammer; auf 9' Tiefe mit Bretkränzen auf die Entfernung ihrer Breite und mit demselben Gevierte von 2' und 2' 4".

Die Mine flog mit einer dumpfen Detonation auf, die Garbe stieg auf 51'. Die Steine wurden nicht so weit wie bei Nr. I. geworfen; beiläufig

auf 20° im Umkreis; auch hier fiel der grösste Theil davon in den Trichter und in die nächste Umgebung.

Der 9' tiefe und 11' vom Mittelpunkt der Kammer entfernte Brunnen Nr. 5 wurde gänzlich eingestürzt; jener Nr. 4 auf 14' Entfernung abermals nur zum Theil beschädigt und mit Erde angefüllt.

Das Querholz, welches die Verdämmungshölzer unterfing, wurde gespalten, ohne weitere Beschädigung des Zweiges.

Ofen Nr. IV.

Dieser Ofen lag gerade unter der Brustwehre der Verbauung, wodurch seine verticale W. L. von 8' auf 11' vermehrt wurden; die Mine musste daher ihre Wirkung hauptsächlich gegen den Graben der Verbauung nehmen, weil die W. L. dahin geringer war.

Die Explosion erfolgte schnell nach der Zündung mit guten Stupinen und mit ziemlich starker Detonation. Die Garbe stieg auf 44 Fuss Höhe. Die Erde und die Steine wurden, wie vorauszusehen war, grösstentheils gegen die dritte Parallele über 40 bis 50 Klafter und darüber geschleudert. Die Brustwehre der Verbauung ward auf 15' Länge eingestürzt und die Sappkörbe in den Graben geworfen. Der nur leicht beschädigt gewesene und wieder hergestellte Brunnen Nr. 3 auf 12' Entfernung ward eingestürzt und mit Erde verschüttet. Der Brunnen Nr. 6 auf 15' Entfernung ward nicht eingestürzt, doch wurden sonderbarerweise 2 Sappkörbe aufeinander gleichsam hineingestellt, welche ihn ausfüllten. Das Querholz unter den Verdämmungshölzern war stark gesprungen, auf die Seite gestossen, das Mandrin bis auf die Sohle des Zweiges gedrückt und das nächste Gestell gespalten. Die Ursache dieser grössern Wirkung nach abwärts ist darin aufzusuchen, weil das obere Mandrin nicht pyramidalisch zugespitzt, sondern flach abgeschnitten wurde, um einen Schwärmer mit den Stupinen verbunden, welcher, um das Feuer in die Pulverladung mitzutheilen, darauf leicht befestigt wurde.

§. 169.

Aus der Prüfung dieser Versuche können mehrere Schlüsse gezogen werden.

Betrachtet man die erzeugten Trichter, so

wird man finden, dass die grösste Abweichung der Trichterwände von einander nur 2' beträgt, und dass die Mine Nr. IV., welche die grösste W. L. hatte, auch die grösste Wirkung hervorbrachte; dass ferner, obwohl die Kammer eine doppelt so starke Ladung wie eine gleichseitige Mine erhielt, dennoch der Trichterdurchmesser nur bei der Mine Nr. III. um 1' grösser war wie die doppelte W. L. von 8', und die Trennungssphäre, das ist bis wohin die Angriffsbrunnen eingestürzt wurden, 12' oder 1½ W. L. nicht überstieg. Diese geringen Trichterdurchmesser dieser stark geladenen Minen sind wohl nur dem Umstande beizumessen, dass die Erde, welche bei dem zur Herstellung der Galerie-fougassen wieder ausgefüllten Brunnen verwendet wurde, obwohl gut gestossen, dennoch ihre Cohäsion und Zähheit, welche ihr nur die Zeit geben konnte, verloren hatte. Diess ist auch die Ursache, warum diese Minen mehr nach oben wie nach der Seite wirken. Dafür hebt der grosse Hagel, den die ausgeworfene Erde und die Steine über die feindlichen Verbauungen verbreitet, diesen geringen Nachtheil durch seine moralische Wirkung und den Schaden gegen den Feind wieder einigermassen auf.

Indem der Unterschied der Trichterweiten höchstens 2', der Unterschied der Trichtertiefe aber gar nur 9" beträgt, so kann man den Schluss ziehen, dass es wenig Unterschied in der Wirkung der auf 8' unter der Oberfläche des Glacis angelegten Fougassen erzeugt, ob sie unter der Oberfläche des Glacis, dem Graben der Verbauung oder unter der Brustwehre derselben angelegt sind, wenn sie nur nicht 12' von dem einzustürzen beabsichtigten Objecte entfernt liegen.

Wesentlich zu berücksichtigen ist die Zeit, welche der Vertheidiger zur Ladung, Verdämmung und Zündung benöthiget. Diese ist im ungünstigen Falle 48½ Minute gewesen.

Nach den Versuchen zu Wien im Jahre 1830 wurden zur Herstellung der fliegenden Sappe, oben 7', unten 6' breit, erfordert 3 St. 30 M.

Zur Abteufung eines 6' tiefen Brunnens nach angegebener Art von 2' und 2' 4" Weite 1 St. 48 M.

Zusammen: 5 St. 18 M.

Es wären somit 5 Stunden als das Maximum der Zeit zu betrachten, welche der Vertheidiger

dem Angreifer gönnen kann, von der Anpflöckung der Strohseile bis zur Zündung der vorbereiteten Fougassen. Er darf den Angreifer nicht zur Ladung schreiten lassen, ohne in Gefahr zu gerathen selbst eingedrückt zu werden; er darf aber auch seine Galeriefougasse nicht zu früh zünden, weil er dem Angreifer nicht nur nicht viele Arbeit zerstören; sondern auch durch die ausgeworfenen Trichter seine Arbeit erleichtern würde.

Der Vertheidiger kann die zur Thätigkeit kommenden Fougassen ohne Sorge für das Verderben des Pulvers schon laden und verdämmen, wenn der Angreifer die zweite Parallele errichtet, ruhig den Zeitpunkt zur Zündung ahwarten, und seine darauf folgenden Ausfälle in Bereitschaft halten, um durch sie dasjenige zu zerstören, was die Minen nicht zerstört haben, welche nach Umständen einzeln oder mehrere zusammen gezündet werden können.

§. 170.

Die Galeriefougassen können in jedem geeigneten Erdreich angewendet werden, wo, wie be-

reits bemerkt wurde, nur ein Stockwerk Minen vorhanden ist, dessen Tiefe erlaubt, sie seitwärts der Galerien in Zweigen herzustellen, ohne durch ihren geringen Höhenunterschied die schon bestehenden Galerien zu gefährden; oder auch allda, wo man die tiefer liegenden Minen zur unterirdischen Vertheidigung schonen und deren grosse Pulverladungen vermeiden will, welche grössere und tiefere, dem Angreifer zu seiner Deckung vortheilhaftere Trichter erzeugen.

Da übrigens die Wirksamkeit dieser Galeriefougassen nach dem Auffliegen der Oefen vorüber ist, so ist ein seichteres erstes Stockwerk regelmässiger Minen, allwo man neben dem eingestürzten Theil der Galerie wieder ausbrechen und den Kampf aufs Neue beginnen kann, ihnen immer vorzuziehen. Sie erhalten aber, wenn die Zeit es erlaubt, ihre Herstellung zu vollenden, bei schon vorhandenen Galerien einen unbezweifelten Vorzug vor den gewöhnlichen Fougassen, weil man hinsichtlich ihrer Ladung, Conservation des Pulvers und der verlässlichen sichern Zündung immer mehr Meister bleibt, wie bei der letzern.

Flatterminen gegen Angriffsbrunnen. (*Fougasses contre-puits.*)

§. 171. (Fig. 81 A, 81 B und 75. Taf. VI.)

Anstatt der Galeriefougassen können auch gewöhnliche Flatterminen gegen den oberirdischen Angriff mit unverdämmten Brunnenminen angewendet werden.

Wäre z. B. Fig. 81 A, MM eine Vertheidigungsgalerie; a, a und b, b die Kammern, welche in einer namhafteren Tiefe $1\frac{3}{4}$ W. L. von jener entfernt gehalten sind, damit die Oefen die Vertheidigungsgalerien MM nicht beschädigen, so bleibt der Raum zwischen den Trichterrändern der beiden Ofenreihen a,a und b,b ungesprengt, und es kann dem Angreifer gelingen, in der schnell hergestellten Verbauung CD einen unverdämmten Angriffsbrunnen gerade über der Galerie MM oder in der Nähe derselben abzuteufen und sie einzustürzen.

Diesem Nachtheil zu begegnen kann man, wie bereits erwähnt, entweder Galeriefougassen anlegen, oder wenn die Umstände dieses nicht gestatten sollten, zu den Flatterminen seine Zuflucht nehmen.

Am vortheilhaftesten wird ihre Anordnung dergestalt getroffen, dass Fig. 81 A die an einer Seite in t und x gegenüber den Berührungspunkten der Trichter aa und jene v in der Mitte zwischen jene t und x zu liegen kommen, und zwar dergestalt, dass ihre Trichterränder bis ober die Galeriemitte oder nahe derselben reichen. Jene auf der andern Seite an der Trichterreihe bb aber, deren Trichterränder ebenfalls bis an die Mitte der Galerie oder nahe derselben zu reichen haben, können *en echiquier* mit ersteren angelegt werden.

Die Errichtung der Oefen geschieht auf dieselbe Art wie bei den gewöhnlichen Flatterminen; nur ist zu beobachten, dass Fig. 81 selbe höchstens in eine solche Tiefe in x gelegt werden, damit sie von dem nächsten Punkt der innern Galerielichte noch $1\frac{3}{4}$ Widerstandslinien entfernt bleiben.

Wäre z. B. wie in der Fig. 75 die W. L. = 8', so muss die Entfernung XY 14' sein, oder die Galerie verspreizt werden. So wenig Anstand es mit der Anlage der Oefen hat, um so mehr be-

darf die Vorrichtung zur Zündung der Aufmerksamkeit.

Da es bei diesen Oefen eine wesentliche Bedingung ist, jeden einzelnen für sich zu zünden, somit auch die Feuerführung von jedem einzelnen Ofen sicher zu stellen, damit sie durch das Auffliegen eines andern Ofens nicht abgeschnitten wird, so dürfte bei der Menge der Oefen und der vielen Feuerführungen die gewöhnliche Zündung mittelst der Zündwurst kaum ausreichen und dieselbe mittelst Percussion oder einer andern Art geschehen müssen. Auf welche Weise diese Zündung vollführt wird, kommt bei den verschiedenen Zündungsarten vor.

Hier wird nur deren Anlage dargestellt.

Bei der grossen Anzahl der Oefen soll man, um nicht so leicht Irrungen herbeizuführen, nur drei in einer einzelnen Leitröhre vereinigen. Diese Leitröhre EG Fig. 81 A und B muss, um nicht beschädigt zu werden, $1\frac{3}{4}$ W. L. von den zugehörigen Oefen entfernt liegen; sie wird im innern Lichte 2" bis 3" weit und $1\frac{1}{2}$ bis 2" hoch, damit sie drei Abzugsschnüre 1, 2, 3 aufnehmen kann, die, um sich nicht zu verwickeln, durch Ringe r laufen und von aussen an ihren Enden, allwo sie mittelst eines Knebels oder Ringes abgezogen werden, mit den den Oefen entsprechenden Zahlen versehen sein müssen. In die Leitröhre EG werden die Kniestücke HJ von 2" innerer Breite, die zu ihren Oefen führen, eingepasst, und für die Schnur an den Winkeln Rollen r' eingeschraubt, welche füglich auch durch Ringe ersetzt werden können.

Für die weiter nach aussen liegenden Oefen wird die Feuerleitung HH auf ungefähr 6" Entfernung von der ersten EG auf dieselbe Weise

vorgerichtet und so fort, wenn noch mehrere Flatterminen anzulegen sind.

Wird nun, Fig. 81 A, der Angreifer in der Galerie MM mit der Anlage seiner Verbauung C,D und den Ausarbeitungen seines Brunnens F erhört, so unterliegt es keinem Anstand die um letzteren liegenden Oefen x, y und z zu zünden und den Brunnen einzustürzen.

Diese Flatterminen gegen die Angriffsbrunnen haben den Vortheil einer leichtern Herstellung wie die Galeriefougassen zu demselben Zwecke; allein ihre Nachtheile sind, dass sie in Vorhinein, noch bevor der feindliche Angriff beginnt, hergestellt und da der Ort, wo der Feind seine Brunnen abteuft, nicht bekannt ist, auch sämmtlich geladen, und sowohl die Oefen als die Feuerführung gegen jede Elementareinwirkung sicher gestellt werden müssen. Bei der bedeutenden Anzahl dieser Flatterminen, wo bei einem 24° breiten Glacis für jede Galerie ungefähr 14 Oefen von 8' W. L. erforderlich sind, wird die Pulverladung zur Armirung eines einzigen Zweiges, für den Ofen 50 Pfund Pulver gerechnet, 700 Pfd. oder 7 Ztr. betragen, wovon der grössere Theil gar nicht zur Anwendung kommen und verloren oder verdorben sein wird.

Daher scheint die Anwendung der Flatterminen gegen Angriffsbrunnen für eine weithin ausgedehnte Vertheidigungsfronte mit vielen Galerien nicht, wohl aber für kürzere oder jene Vertheidigungslinien, von welchen man mit mehr Bestimmtheit die Anlage der Angriffsbrunnen erwarten kann, geeignet, in welchen Fällen sie den Galeriefougassen sogar vorgezogen werden dürften, als sie ungeachtet des grössern Pulverbedarfs im Ganzen mit weniger Umständlichkeit verbunden sind, wie die Errichtung der Galeriefougassen.

Camouflets Contre-puits.

§. 172. (Fig. 82. Taf. VI.)

Den Einsturz der gefährlichen Mouzé'schen Brunnen noch vor ihrer Zustandebringung zu bewerkstelligen, ohne seine eigenen Galerien zu gefährden, haben die französischen Genieofficiere in neuerer Zeit nebst den bereits angegebenen Galeriefougassen (*Contre-puits*) die *Camouflets contre-puits* oder die Dampfminen gegen Angriffs-

brunnen beigelegt, von welchen man eine kurze Beschreibung gibt und hinsichtlich des Ausführlicheren auf Boutault's „*Cours des mines*“ hinweist.

Um diese *Camouflets* gegen die Mouzé'schen Angriffsbrunnen oder gegen die feindlichen Angriffswerke zu errichten, wird von der Decke der Galerie ein runder Kanal von 9" (0^m,34) Durch-

messer nach aufwärts mit einem Erdborher derselben Ausmass, entweder vertikal oder mit der nöthigen Neigung gebohrt; sodann beinahe auf dieselbe Weise wie bei den Galeriefougassen runde gegliederte Mandrins von $8\frac{1}{2}$ " ($0^m,23$) Durchmesser eingeschoben, auf deren oberstem Gliede eine weissblecherne Pulverbüchse an einem kleinen hölzernen Klotz befestiget ist, die ebenfalls $8\frac{1}{2}$ " Durchmesser, 32" ($0^m,80$) zur Länge hat und mit 50 bis 52 Pfund (28 — 30 Kilogramm) geladen wird. An den Mandrins, dem Klotz und dem Boden der Pulverbüchse hindurch wird durch einen kleinen Kanal, wie bei den Galeriefougassen, das Leitfeuer zur Ladung geführt, der zwischen den Mandrins und dem Bohrloch verbliebene leere Raum mit Holzspänen, schwach gefüllten Erdsäcken etc. ausgefüllt, und erstere ebenfalls wie bei den Galeriefougassen unterfangen.

Bei dem 9" grossen Durchmesser des Kanals konnte es wohl nicht anders kommen, als dass diese Bohrung mit einer eigens zu diesem Zwecke verfertigten Maschine bewerkstelliget werden müsse.

Der französische General Schnillier gab eine solche Maschine zu diesem Zwecke an, welche bei einem Versuche Boutault's im Jahre 1838 gute Dienste leistete. Aber auch Boutault ersann eine solche und liess sie im Modell ausführen.

Disse Maschine besteht, Fig. 82, aus einem Gestelle, in welchem ein Stirnrad a für die Umdrehung (*rotation*) des Bohrers b befestigt ist, und in dessen Mitte der zum Einschieben und Verlängern hergerichtete Bohrer befestigt wird. Durch die an einer Seite des Gestelles angebrachte Kurbel c und ein Getriebe wird diese Kreisbewegung (*rotation*) bewirkt. An der entgegengesetzten Seite des Gestelles ist ein gezahntes eisernes Seitenstück d gleich dem einer Wagenwinde angebracht, an welcher zwei Kurbeln e mit einem Getriebe die nach oben drückende Kraft ausüben. Das Ganze ruht auf einer festen Unterlage von Holz, an deren obern Fläche ein mit dem Gestelle verbundener Zapfen g in einer Pfanne läuft und dergestalt eingerichtet ist, dass das Gestell sowohl in vertikale als schiefe Stellung gebracht und mittelst Stützsäulen h in seiner Lage erhalten werden kann.

Die Pulverladung von 50 bis 52 Pfd. franz. Gewichtes gehört einer gleichseitigen Mine im gewöhnlichen Erdreiche von 8' ($2^m,70$) W. L. an,

zerstört also in dieser Nähe und bei guter Richtung in gewöhnlichem Erdreich die Mouzé'schen Brunnen sowohl als auch die Sappen und andern Angriffswerke, und wäre nach der Ansicht Boutault's kräftig genug, um dem Feinde die Möglichkeit zu benehmen, sich festzusetzen.

Hat das Erdreich hinlängliche Festigkeit, so können die Bohrungen im Vorhinein gegen jene Punkte ausgearbeitet werden, wo man vermuthet, dass der Feind den Angriff wagen wird, z. B. an den Stellen, wo die Krönung des bedeckten Weges der Fall ist etc., wo, wie Boutault sagt, er es nicht wie Gillo t wagen wird, sich dort zu früh festzusetzen.

Wenn man den Angriff des Feindes abzuwarten gesonnen ist, und hat eine hinreichende Anzahl Maschinen zur Verfügung, so ist man im Stande, das Feuer früher in die Ladung zu bringen, bevor der Feind seine Angriffsbrunnen entzünden könnte.

Derselbe Schriftsteller spricht sich folgendermassen aus;

„Man hat in der That in einem sehr festen Boden bei Montpellier mit einer sehr schlechten Maschine im Jahre 1838 in einer Stunde ein Bohrloch von 1 Mètre (beinahe 3') Länge mit einem Bohrer von 24 Centimètre (9") Durchmesser ausgearbeitet. Man bedurfte $\frac{1}{4}$ Stunde, um dieselbe Länge mit Erdsäcken zu $\frac{1}{3}$ gefüllt, Wasen etc. zu verdämmen. Wenn das Bohrloch nicht rein ausfällt, so können die Holzspäne nicht hinreichen, welche nur bei einem Camouflet von geringerem Durchmesser anwendbar sind. Indem man $\frac{1}{4}$ Stunde rechnet, um die Maschine aufzustellen und fortzubringen, so sieht man, dass ein Camouflet von 3 Mètre Länge (9') angelegt wurde, und während dem man bei den Versuchen im Jahre 1838 6 Stunden gebraucht hatte, um den Angriffsbrunnen spielen zu lassen, bedurfte man zur Herstellung des Camouflet nur 4 Stunden.“

„Es ist übrigens nicht nothwendig, so grosse Ladungen zu geben, um die Verbauungen und Brunnen zu vernichten. Die Versuche im Jahre 1838 in der Schule zu Montpellier beweisen hinlänglich, dass die Camouflets mit 5 Kilogr. (10 Pf.) Pulver sie gänzlich zerstören.“

„Ein Angriffsbrunnen, welcher von der Oberfläche des Erdreichs aus gemacht wurde, hat eine von diesen Camouflets, 3^m, 00 (9') in der Länge (der Bohrung), in 75 Minuten zerstört. Man ver-

wandte 10 Minuten zur Ladung, aber da man dachte, dass die Arbeit mit der Abteufung noch nicht genug vorgeschritten war, so wartete man noch 35 Minuten, was 2 Stunden 17 Minuten betrug, mitgerechnet die Zeit, um die Arbeit auf der Oberfläche des Erdreiches abzuwarten und sich für die Wahl des Platzes zu entscheiden, wo das *Camouflet* angelegt werden soll. Die Angriffsbrunnen hatten nur 2^m, 20 (6' 7 $\frac{1}{3}$ ") erreicht und wurden von der Explosion gänzlich zerstört.“

„Die Mandrins konnten herausgezogen und eine neue Ladung gegeben werden, indem man nur ungefähr 0^m, 70 (beinahe 26") vom Bohrloch, das heisst von der Länge der Büchse an 15" verloren hatte.“

So entsprechend Boutault dieses Verfahren im gewöhnlichen und festen Erdreich (denn der rollende Saad ist ein eben so grosses Hinder-

niss) auch fand, so konnte er dennoch die Hindernisse nicht verkennen, welche bei Felsenlagen und grossen Steinen, die dem Bohrer entgegen stehen, oder auf welche er unvermuthet trifft, und die nur mit anderm Bohrzeug überwältigt werden können. Bei dem damit verbundenen grössern Zeitbedarf kann für derlei Fälle die Bohrung nicht wohl erst bei dem bestimmt ausgesprochenen Angriffsorte des Feindes, sondern muss schon früher hergestellt werden, was, wie schon Boutault bemerkt, nur auf bestimmte Orte anwendbar ist, welchen der Angreifer nicht ausweichen kann.

Man enthält sich jeder weitem vorgreifenden Beurtheilung dieses Vertheidigungsmittels, bis nicht selbsteigene Versuche des k. k. Mineur-Corps über die mehr oder mindere Anwendbarkeit der *Camouflets contre-puits* nähere Aufschlüsse geben.

Beimischungen zur Pulverladung.

§. 173.

In neuerer Zeit haben die Beimischungen fremder Bestandtheile, um die Kraft des Pulvers zu verstärken, die Aufmerksamkeit der Mineure nach sich gezogen, besonders aber die Sägespäne und das Wasser.

Ueber die Beimischung von Sägespänen unter das Pulver führt der königlich preussische General Rode in seiner aphoristischen Darstellung der Kriegsminen, Berlin 1830 bei Hayn, Pag. 106 folgende Angabe wörtlich auf:

„Das zur Ladung einer Mine erforderliche Schiesspulver kann, nach den am 3. Juli 1818 bei Berlin wiederholt angestellten Versuchen, mit Sägespänen von weichem Holz, die sehr trocken und locker sein müssen, vermengt werden, wobei die halbe Ladung reines Pulver ist, und der hernach verbliebene leere Raum des nur für reines Pulver berechneten Kastens die Quantität Sägespäne angibt. Beide Theile müssen vor der Einbringung in den Kasten wohl durcheinander gemengt werden, so dass das Ganze ein graues gleiches Ansehen erhält, und darin weder blosse Sägespäne noch reines Pulver bemerkt wird. Nach der Zündung zweier Minen von gleicher Explosionslinie und von gleicher Ladung, die erste mit einem Pulver, die andere mit der angeführten Mengung geladen, und

beide gut verdämmt, ergab sich, dass die Minengarbe bei der erstern weit höher, als bei der letztern herausgeworfen wurde; die Dampf Wolke der letzten war bei weitem grösser, als die der ersten.

Die Durchmesser der Trichter wichen wenig von einander ab, der Trichter der letzten war aber nur halb so tief, als der der ersten. Im Ganzen zeigte sich die Wirkung der Mine mit dem Gemenge ausserhalb des Mediums, d. i. als sichtbarer Effect, geringer, dagegen innerhalb des Mediums bei weitem stärker als die Wirkung der mit reinem Schiesspulver geladenen. Folglich sind die Minen mit gemengter Ladung gute Vertheidigungsminen.

§. 174. (Fig. 83. Taf. VI.)

Dem höchsten Befehle Sr. kais. Hoheit des Herrn General-Genie-Directors Erzherzog Johann zufolge wurden im Jahre 1833 zwei Minen unter einer W. L. von 15' gegen zwei Angriffsgalerien, welche die Flanke boten, in der nämlichen Tiefe, die eine 1 $\frac{1}{4}$, die andere 1 $\frac{1}{2}$ W. L. von den entsprechenden Minenöfen entfernt, angelegt, gegen welche sodann diese zwei Vertheidigungs-Minen, die eine mit reinem Pulver, die andere mit dem Gemenge nach Rode geladen wurden.

Am 23. August 1833 wurden beide Minen ge-

zündet, allein sie entsprachen nicht der gehegten Erwartung. Die Wirkung sowohl oberirdisch wie unterirdisch war mit dem Gemenge von halb Pulver halb Sägespänen geringer wie bei dem Ofen mit reiner Pulverladung.

Weil aber das zu diesem Versuche erhaltene Sprengpulver auf der Stangenprobe nur $22\frac{1}{2}$ Grad schlug, aber mindestens 35 bis 40 Grad hätte schlagen sollen, so trug das Mineur-Corps-Commando billig Bedenken, ob ein einziger Versuch unter diesen und andern ungünstigen Umständen gegen mehrere Versuche des Generals Rode absprechen dürfe und könne. Bei dem darüber erstatteten Vortrag bewilligten Se. kais. Hoheit der Herr General-Genie-Director ohne Anstand die Fortsetzung dieser Versuche im Jahre 1834.

Weil man die Pulverladung für die Erdgattung, welche aus Sand mit Lehm und Steinen gemischt bestand, schon kannte, so fand man es unnöthig, nochmals eine Mine mit reinem Pulver zu laden und zog es vor, nach Fig. 83, die Kammer Nr. I. mit einem Gemenge von halb Pulver, halb Sägespänen, die andere Nr. II. aber mit $\frac{2}{3}$ Pulver und $\frac{1}{3}$ Sägespänen zu laden.

Beide Oefen lagen unter einer W. L. von 15', wurden aus dem Brunnen A mittelst einer kurzen Halbgalerie und Zweigen und Wendungen dergestalt angelegt, dass sie unter ganz gleichen Umständen gegen die in der Flanke liegenden Angriffsgalerien aus den Brunnen B und D auf $1\frac{1}{2}$ W. L. und auf die aus dem Brunnen C geführten $1\frac{1}{4}$ W. L. entfernt lagen. Die Angriffsgalerien lagen mit ihrer halben Höhe im Horizonte des Kammer-Mittelpunktes und hatten 4' zur Höhe und 3' zur Breite.

Das in diesem Jahre erhaltene Pulver war sehr gut und schlug auf der Stangenprobe 58 Grad. Nachdem nun die gerechte Ladung einer gleichseitigen Mine in diesem Erdreiche, welches $10\frac{1}{2}$ Pfd. Pulver Wienergewicht auf die Kubikklafter bedarf, nach frühern Versuchen 300 Pfd. 42 gradiges Pulver gefunden wurde, so hätte die streng theoretische Ladung nur nach der Berechnung

$\sqrt{58} : \sqrt{42} = 300 : 1 = 255,45$ Pfd. Pulver ergeben, da man aber schon im Jahre 1835 die vorläufige Erfahrung hatte, dass in diesem Erdreiche die Wirkung mit dem Gemenge geringer gewesen, wie mit reinem Pulver, so blieb man bei

der vollen Ladung von 300 Pfd. Pulver für die gleichseitige Mine von 15' W. L. stehen, und betrachtete das 58 gradige Pulver bloss als gutes Sprengpulver.

Der Ofen Nr. I. wurde daher mit 150 Pfd. Pulver und der Rest des kubischen Kastens von $1' 8'' 10'''$ mit in der Sonne sehr gut getrockneten Sägespänen geladen, wie es General Rode angibt. Eben so geschah die Ladung des Ofens Nr. II. mit 200 Pfd. Pulver, und der Rest von $\frac{1}{3}$ mit Sägespänen. Die Verdämmung wurde normal, und noch 1 Verzug über die $1\frac{1}{2}$ fache W. L. fest und gut hergestellt.

Die oberirdischen Wirkungen dieser zwei Minen zeigten sich, wie folgt:

Nach dem gegebenen Trommelzeichen zündete sich die Zündwurst augenblicklich, welche dergestalt eingerichtet war, dass das Feuer gleichzeitig in beide Kammer gelangte. Man hörte ihr dumpfes Rollen durch 5 Sekunden, wo eine augenblickliche Stille und ein Erbeben des Erdreichs eintrat, ein sicheres Zeichen, dass die Mine Feuer gefangen; fast im nämlichen Augenblicke mit dem Erbeben hob sich die Erde anfangs in der Form einer Calotte von der Mine Nr. II., welche mit $\frac{2}{3}$ Pulver und $\frac{1}{3}$ Sägespäne geladen war, und brauchte 1 Sekunde, wobei man eine Nachwirkung wahrnahm, zum gänzlichen Ausbruche.

Die Mine Nr. I., welche halb Pulver und halb Sägespäne zur Ladung erhielt, bedurfte 4 Sekunden länger Zeit, um den ähnlichen Ausbruch zu bewirken; dieser selbst dauerte 2 Sekunden. Es wurde nicht nur die gewöhnliche, sondern auch eine kleine zweite Nachwirkung der Explosion beobachtet. Diese Beobachtung der Zeiträume geschah mit einem einfachen Sekundenpendel.

Die Höhe der Minengarbe vom Ofen Nr. I.
 betrug $8' 4''$
 Die Höhe der Minengarbe vom Ofen Nr. II. $12' 8''$
 Die Explosion der Mine Nr. I. war schwach.
 Der mittlere Trichterdurchmesser dieser
 Mine auf dem Erdhorizont betrug . . . $15' 9''$
 Die ganze Trichtertiefe vom Kranz aus . . $2' 4''$
 Die Trichtertiefe vom Erdhorizonte an . . $1' 9''$

Das Erdreich wurde über dem Trichter-
 rand bis zu dem supponirten Durchmes-
 ser von 30'' in Form einer flachen, zer-
 rissenen und gespaltenen Calotte gehoben.

Die Explosion der Mine Nr. II. war etwas stärker, jedoch jener der Mine Nr. I. ähnlich.

Der mittlere Trichterdurchmesser der Mine

II. auf dem Erdhorizonte betrug . . .	17' 2"
Die ganze Trichtertiefe vom Kranz an . .	2' 6"
Die Trichtertiefe vom Erdhorizonte an . .	1' 6"

Auch dieser Trichter hatte die Form einer flachen zerrissenen Calotte, welche Risse der stärkern Pulverladung wegen etwas bedeutender waren.

Bei beiden Minen ist daher die schwache oberirdische Wirkung unverkennbar.

Mine Nr. I. mit halb Pulver, halb Sägespäne geladen.

Unterirdische Wirkung.

Die Galerie aus dem Brunnen B getrieben, und $1\frac{1}{2}$ W. L. von dem Ofen entfernt, blieb ganz unbeschädigt.

Die aus dem Brunnen C getriebene $1\frac{1}{4}$ W. L. von dem Ofen entfernte linkseitige Galerie wurde an dem 10., 11. und 12. Verzugsgestelle etwas gespalten, und etwas aus ihrer Lage gerückt, mithin so unbedeutend beschädigt, dass sie zu jedem ferneren Gebrauch tauglich erklärt wurde.

Die Mine Nr. II. mit $\frac{2}{3}$ Pulver und $\frac{1}{3}$ Sägespänen äusserte folgende unterirdische Wirkungen:

Die aus dem Brunnen D geführte $1\frac{1}{2}$ W. L. entfernte Galerie wurde bei ihrer Untersuchung ganz unbeschädigt gefunden. Erst bei der Ausräumung der Verzüge zeigte es sich, dass die der Kammer zunächst liegende Gestelle etwas gespalten waren, was den Gebrauch dieser Galerie nicht im Mindesten beirrt hätte.

In der aus dem Brunnen C geführten $1\frac{1}{4}$ W. L. entfernten rechtseitigen Galerie wurden von dem 7. Verzugsgestelle an alle bis an die Stirne, mithin 7 derselben gespalten und in die Galerie geneigt. Die Verzugsbreiter erlitten eine grosse Ausbauchung, doch war keine Erde nachgedrungen, die Galerie war nicht verschüttet, und obwohl nur mit einiger Gefahr zu betreten, dennoch nicht als ein vollkommener Einsturz anzusehen, indem nach 3 Tagen, bis zur Ausräumung nämlich, sie noch in demselben Zustande gefunden wurde. In feindlichen Gelegenheiten hätte daher auch dieser Theil der Galerie bald wieder zu fernern Diensten hergerichtet werden können, und augenblicklich wäre keine Hemmung entstanden.

§. 175.

Aus diesem mit grösstem Fleisse und grösster Aufmerksamkeit ausgeführten Versuche über Beimischung von Sägespänen zur Pulverladung, welche, zur Prüfung der Resultate und allgemeinen Beurtheilung, möglichst ausführlich beschrieben wurden, lassen sich folgende Erörterungen und Schlüsse ableiten.

Nachdem die Mine Nr. I., mit halb Pulver, halb Sägespänen geladen, um 4 Sekunden später aufflog wie die Mine Nr. II., welche $\frac{2}{3}$ Pulver und $\frac{1}{3}$ Sägespäne zur Ladung erhielt, so beweiset diess den ohnehin nicht angefochtenen Satz, dass: je mehr Sägespäne dem Pulver beigemischt werden, desto langsamer die Entzündung der Ladung vor sich geht.

Nach den bis nun gegebenen Erklärungen und der Erfahrung übt das Pulver eine je grössere Wirkung aus, je schneller und rascher sich die ganze Masse entzündet; daraus geht hervor, dass bei der langsameren Entzündung des Pulvers die Kraft desselben im Anfange nach der Entzündung nicht gleich im Stande ist einen oberirdischen Ausbruch zu tagen, und mittlerweile zwar langsam, aber dennoch immer Kraft äussernd unterirdisch fortwirkt und die nähern Gegenstände erschüttern und zerdrücken muss.

Aber diese Wirkung hat auch ihre Gränze; sie darf bei einer langsamen Zündung, da sie nur als ein nach und nach immer sich mehrender Druck und nicht als Stoss zu wirken scheint, eine Widerstandslinie nicht wohl übersteigen; denn wenn sie diese Kraft langsam erreicht hat, so ist keine Ursache vorhanden, warum sie nicht nach dem geringsten Widerstand, nämlich nach der Oberfläche der Erde ausbrechen sollte. Man kann daher, durch die wiederholten Versuche berechtigt, die begründete Behauptung aufstellen, dass eine mit dem Gemenge von der Halbscheide Pulver der gerechten Ladung einer gleichseitigen Mine und der andern Halbscheide Sägespäne wenigstens nicht bei allen Erdgattungen den angegebenen günstigen Erfolg liefert.

Anders wie bei der Mine Nr. I. gestaltete sich die unterirdische Wirkung der Mine Nr. II. mit $\frac{2}{3}$ Pulver und $\frac{1}{3}$ Sägespänen geladen.

Dort wurden 7 Gestelle gespalten und mit den Verzugsbrettern gegen die Galerie gedrückt

und gebaucht. Es hätte daher nur einer geringern Kraft mehr bedurft, um die Angriffsgalerien auf $1\frac{1}{4}$ W. L. Entfernung von den Kammern gänzlich einzustürzen und mit Erde auszufüllen.

Bemerkt man aber, dass bei einem 58gradigen Pulver nur eine Menge von 255,45 Pfd. zur vollen Ladung der gleichseitigen Mine nothwendig gewesen wäre, dass 200 Pfd. wirklich gegeben wurden, so dürfte der Rest von 44,55 Pfd. Pulver, welcher der vollen Pulverladung noch fehlte, wohl die Pulvermenge sein, welche die Galerie vollkommen eingestürzt hätte.

Es geht nun weiters hervor, dass die Pulverladungen mit Sägespänen gemischt nur ihrer Menge nach verhältnissmässige Wirkungen erzeugen, und dass nur die volle Pulverladung mit Sägespänen gemischt die volle Wirkung, vielleicht mit einer grössern Erschütterung des Erdreichs um die Kammern hervorbringt.

Dasselbe Resultat hat man in Frankreich bei Versuchen in dem Jahre 1822 zu Arras und 1823 zu Metz erhalten, nämlich: dass die Wirkung des Gemenges von Pulver und Sägespänen stets nur allein mit der in ihr befindlichen Pulvermenge proportionirt zu sein scheint.

Der *Chef de Bataillon du genie* Audoy erklärt diese Versuche zu Arras und Metz aus folgenden ähnlichen Ansichten:

„Die Erdarten im Allgemeinen weichen wegen ihrer Weichheit und Leichtigkeit sich zu comprimiren schon bei dem ersten Druck des Pulvergases, und es kann sich daher keine plötzliche Anfangs-, sondern eine allmälige steigende Wirkung äussern, die im Anfange ein Umwühlen in der Mitte des Mediums hervorbringt, später aber sich mit dem Ausstossen der Erde in Gestalt einer brennenden Garbe endiget. Aus dieser Ursache muss man bei Trichterminen die Ladung dergestalt wirken lassen, dass sie eine grosse Schnellkraft erhält, das heisst, so viel Pulvergas auf einmal, als nur immer in einem gegebenen Volumen möglich ist, entwickeln.“

§. 176.

Bei der Demolirung des Fortes San Urbano *) bei Castel-Franco zwischen Bologna und Modena

*) Man sehe den „Auszug aus dem *Memoria militare* des Generals Montecucoli (übersetzt aus dem Italienischen) mit Anmerkungen des Herrn Foscolo und Beobachtungen des Herrn Grassi, welcher im k. k. Minenlehrer II.

ergab sich, dass sehr feucht, doch nicht nass gewordenen Pulver eine viel stärkere Wirkung hervorbrachte, als man gewöhnlich mit trockenem Pulver erhielt.

Daraus wurde der Schluss gezogen, dass die grosse Hitze des entzündeten Pulvers mittelst eines Wasserzusatzes bis zu einer gewissen Menge Dämpfe erzeugen wird, welche die Kraft des Pulvers ungemein verstärken müssen.

Um sich davon die Ueberzeugung zu verschaffen, wurden bei der fortgesetzten Demolirung der Verkleidungsmauern Wasser in Blasen bis $\frac{1}{80}$ des Pulvergewichtes unter die Ladung gegeben, und nebstbei auch ein hohler Raum zwischen der Ladung und Verdämmung gelassen. Der Erfolg soll ungeachtet des dazu verwendeten Pulvers der schlechtesten Gattung, was nur 13 Grad schlug, überraschend günstig gewesen sein.

§. 177. (Fig. 83. Taf. VI.)

Nach dieser Angabe war es der höchste Wille Seiner kaiserlichen Hoheit des Herrn General-Genie-Directors, zu untersuchen, ob mit einem verhältnissmässigen Zusatz von Wasser in Blasen unter die Pulverladung gemengt, nicht auch bei Erdminen eine grössere Wirkung erzielt werden könne, wie mit der Pulverladung allein; zu welchem Zwecke in den Jahren 1834 und 1835 Versuche auf dem Exercierplatz nächst Hainburg ausgeführt wurden.

Die dazu nöthigen Vorarbeiten: die Brunnen und Galerien, das Erdreich, die Pulverladungsbestimmung waren ganz dieselben, wie die zu den Versuchen mit dem Gemenge der Pulverladungen mit Sägespänen, mithin ist auch dieselbe, Fig. 83, als vollkommen gleich dazu geeignet.

Die Pulverladung war wieder 300 Pfd. bei der W. L. von 15 Fuss. Bei San Urbano wurde schon erprobt, dass $\frac{1}{80}$ Pulvergewicht Wasserzusatz eine bessere Wirkung hervorbrachte, wie $\frac{1}{160}$; es wäre mithin überflüssig gewesen, bei einem mindern Wasserzusatz anzufangen.

Daher wurde der Ofen Nr. I., $\frac{1}{80}$ oder $3\frac{3}{4}$ Pfd. Wasser in Blasen unter die Ladung von 300 Pfd. Pulver beigemischt; und weil nach den

schen) mit Anmerkungen des Herrn Foscolo und Beobachtungen des Herrn Grassi, welcher im k. k. Minen-Archiv hinterlegt ist.

bereits §. 7 angeführten Eigenschaften des Pulvers nach Benjamin Scholz dasselbe ohne seine Eigenschaft, rasch zu verbrennen, zu verlieren, die Feuchtigkeit 0,05 oder von 5% nicht übersteigen darf, und da ferner das trockenste Pulver 0,02 Feuchtigkeit hält, so hat man den Wasserzusatz von 0,03 als das Maximum angesehen.

Man gab daher dem Ofen Nr. II. $2\frac{1}{2}\%$ oder $0,025 = \frac{1}{40}$ der Pulverladung d. i. $7\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser in 32 Blasen vertheilt, unter die Pulverladung von 300 Pfd.

Die am 4. November 1834 vorgenommene Zündung dieser zwei Minen gab folgende Resultate:

Der Auswurf bei beiden Minen Nr. I. und Nr. II. war minder heftig wie bei einer gewöhnlichen mit Pulver allein geladenen Mine, denn die Minengarbe von Nr. I. stieg nur auf . . . 10' 3"
Die Minengarbe von Nr. II. stieg nur auf 8' 7"

Mine Nr. I. mit $3\frac{3}{4}$ Pfd. Wasserzusatz.

Oberirdische Wirkung.

Die ganze Trichtertiefe betrug 4' 2"
Der mittlere Durchmesser des Trichter-
kranzes 20' 0"
Der aufgesuchte Durchmesser auf dem Erd-
horizonte 29' 0"

Unterirdische Wirkung.

Die auf $1\frac{1}{2}$ W. L. von dem Ofen entfernte Galerie erhielt keine Beschädigung.

Die linkseitige Flank-Galerie aus dem Brunnen C geführt und $1\frac{1}{4}$ W. L. von dem Ofen entfernt, wurde beschädigt, und die gegen den Ofen gekehrte Wand vom 7. Gestell an stark gequetscht befunden, so zwar, dass nach einigen Tagen die Erde nachrollte.

Mine Nr. II. mit $7\frac{1}{2}$ Pfd. Wasserzusatz.

Oberirdische Wirkung.

Die ganze Trichtertiefe betrug 3' 2"
Der mittlere Durchmesser des Trichter-
kranzes 19' 6"
Der aufgesuchte Trichterdurchmesser auf
dem Erdhorizonte 27' 0"

Unterirdische Wirkung.

Die auf $1\frac{1}{2}$ W. L. von dem Ofen entfernte Galerie erlitt keine Beschädigung. Die auf $1\frac{1}{4}$

W. L. aus dem Brunnen C geführte Flankegalerie wurde mit denselben Modalitäten eben so, wie bei dem Ofen Nr. I. zerstört, nur war die Wirkung etwas stärker.

§. 178.

Vergleicht man die Minen mit gewöhnlicher Pulverladung mit dieser, welche $\frac{1}{80}$ und $\frac{1}{40}$ Wasserzusatz in Blasen erhielt, so ersieht man, dass sie sich wenig voneinander unterscheiden. Ein geringer Unterschied kann aber nicht in Betracht gezogen werden, weil derselbe sich bei jedem Versuche selbst mit der nämlichen Ladung ergibt. Nur grössere Effecte oder grössere Abweichungen sind zu berücksichtigen.

Vergleicht man die Wirkung der Minen mit Wasserzusatz in Blasen mit jener, welche $\frac{2}{3}$ Pulver und $\frac{1}{3}$ Sägespäne zur Ladung erhielt, so wird man entnehmen, dass 200 Pfd. mit $\frac{1}{3}$ Sägespäne gemischt zwar keine vollkommene, doch im Verhältniss der Pulverladung grössere Wirkung hervorbrachte, als jene mit der vollen Ladung von 300 Pfd. Pulver und dem Wasserzusatz. Dergleichen Minen mit Wasserzusatz in Blasen unmittelbar unter das Pulver gemengt, wären nicht nur allein wegen ihrer nicht Probe haltenden grösseren Wirkung, sondern auch wegen anderer Ursachen zu Vertheidigungs-Minen schlechterdings nicht geeignet, und zwar: kann man vor dem Feinde sich nicht immer mit der Füllung der Blasen mit Wasser befassen, da es oft an der Zeit mangeln wird. Bei dem angeführten Versuch wurden diese Blasen einige Tage früher gefüllt, um zu erforschen, ob sie auch wasserhältig wären; die meisten schwitzten, und mehrere mussten sogar wegen Wasserdurchlass beseitigt werden. Uebrigens wird, da man auf die gehörige Legung und Nichtbeschädigung dieser Wasserblasen grosse Aufmerksamkeit verwenden muss, viel Zeit verloren, die Ladung geht langsamer vor sich, und bei all der Aufmerksamkeit kann man dennoch nicht bürgen, dass die Blasen durch Zufall oder durch den Druck des Pulvers selbst verletzt werden, mithin das umliegende Pulver so nass machen, dass dessen Entzündbarkeit nicht wenigstens theilweise gehemmt wird; geschieht nun diese Durchnässung in der Nähe der Zündwurst, so ist es möglich, dass die Mine versagt.

Ein Versagen im entscheidenden Augenblicke

dürfte oft von bedenklichen Folgen begleitet sein; und diess Alles, um nicht nur kein Pulver zu ersparen, sondern die Arbeit länger dauernd, verwickelter, und den Erfolg ungewisser zu machen, als mit der Ladung von reinem Pulver.

Wenn aber diese Minen mit Wasserzusatz in Blasen, bei Vertheidigungs-Minen im Erdreich, und selbst bei Angriffs-Minen, wo es selten an Pulver, wohl aber oft an der so kostbaren Zeit mangelt, seinen Gegner zuvor zu kommen, nicht geeignet sind, so dürften sie nach den angegebenen Thatsachen bei Demolirungen von Mauerwerk, wo obige Bedenklichkeiten wegfallen, nach denselben angeführten Gründen, wie bei dem Gemenge mit Sägespänen, an ihrem Platze sein.

Im Jahre 1835 hat man den Versuch gemacht, einen Wasserzusatz von 30 Pfd. zur Pulverladung von 300 Pfd. unter dem Boden des Pulverkastens in einem eigenen Gefäss anzubringen, welcher Versuch ebenfalls keine bemerkenswerthe Abweichung von der Wirkung einer mit reinem Pulver geladenen Mine geliefert hat.

§. 179.

Man hat zwar noch andere Mittel um die Kraft des Pulvers zu verstärken, aber theils sind sie in ihrer Anwendung zu gefährlich, oder zu kostspielig, oder nicht hinlänglich erprobt.

Unter die gewöhnlichen Mittel, als Zusatz zum Pulver, um dessen Wirkung zu vermehren, rechnet man auch den frisch gebrannten Kalk. Allein da die Güte desselben von der Kürze der Zeit, welche seit seinem Brande bis zum Gebrauch verflossen ist, bedingt zu sein scheint, der frisch gebrannte Kalk in einer belagerten Festung aber nicht immer zu haben sein dürfte, so wird man, bis nicht neue Entdeckungen über diese Gegenstände gemacht werden, sich wohl am besten und verlässlichsten des reinen Pulvers zu den Minenladungen bedienen.

Man übergeht die in der neuern Zeit erfundene Schiessbaumwolle, die, wenn gleich noch eine grössere Wirkung wie das Pulver ausübend, ob ihrer zu leichten Entzündlichkeit und der dadurch gesteigerten Gefahr in der Regel für die Kriegsminen nicht anwendbar erscheint.

Von den verschiedenen Zündungsarten der Minen.

§. 180.

Im ersten Theile dieser Abhandlung wurde angegeben, wie und auf welche Art das Zündfeuer in die Minenkammer mittelst der Zündwurst, der Stupinen und des Lauffeuers gebracht wird; auch wurden die Nachtheile, welche diesen Zündungsarten ankleben, auseinander gesetzt, besonders diejenigen in §. 182 angeführten, welche der Zündwurst eigen sind, und worüber schon General Schröder sich ausgesprochen, dass es wünschenswerth wäre: „eine Zündungsart auszumitteln, welche, bei gleicher Verlässlichkeit der Zündwurst, deren Nachtheile heseitige.“ *)

Es wird daher für dem Mineur nothwendig, die vorzüglicheren der bis jetzt bekannten Zün-

dungsarten, ihre Herstellung, ihren Gebrauch und ihre Vor- und Nachtheile kennen zu lernen.

§. 181.

Sicherheit der Zündung ist die erste und unerlässlichste Bedingung jeder Zündungsart, welcher selbst die Schnelligkeit nachsteht, die nicht immer unbedingt nothwendig erscheint.

Nebst der Sicherheit und Schnelligkeit soll jede Zündungsart noch folgende Eigenschaften besitzen:

Ihre Herstellung muss möglichst einfach und durch Mineure bearbeitet und ausgeführt werden können; die dazu erforderlichen Materialien und Gegenstände müssen entweder überall zu haben sein oder leicht und gefahrlos mitgeführt werden können; die Herrichtung in den engen Galerien und den Kammern, und die Zündung selbst muss, ohne zu beirren, leicht bewerkstelliget werden können, und bei gehöriger Achtsamkeit mit keiner Gefahr verbunden sein; sie darf die Herstellung

*) Bei der Vollkommenheit, mit welcher heut zu Tage wasserdichte Stoffe mittelst Kautschuk erzeugt werden, dürfte es auch nicht schwer werden, die Zündwurst aus wasserdichtem Stoffe zu erhalten.

der Verdämmung möglichst wenig beirren, und eben so wenig die Ausdämmung, falls diese nöthig würde, hindern oder Gefahr dabei veranlassen; sie muss möglichst wenig Zeit zur Herrichtung erfordern; wenig oder gar keinen Dampf erzeugen; sie muss, ohne von ihrer Verlässlichkeit zu verlieren, längere Zeit unter der Erde verbleiben können, und endlich muss sie auch verhältnissmässig wenig kostspielig sein.

Indem aber vielleicht nicht eine Zündungsart alle diese Eigenschaften und Anforderungen besitzt und vollkommen entsprechend sein dürfte, so wird der Mineur diejenige wählen können, wel-

che dem beabsichtigten Zwecke am meisten zusagt.

Man wird sich auf nachfolgende Zündungsarten beschränken, da andere in ihrem Principe mit einer davon übereinstimmen dürften; nämlich:

Die Zündung mittelst der Feuermaus,	
„ „ „ des Phosphors,	
„ „ „ chemisch. Apparates,	
„ „ „ Percussionsschlosses,	
„ „ „ der Rakete,	
„ „ „ des electro-magnetischen und galvanischen Apparates.	

Zündung mittelst der Feuermaus. (*Souris porte feu.*)

§. 182. (Fig. 84. Taf. VII.)

Die älteren, besonders die französischen Mineurs, waren der jetzt erwiesenen irrigen Meinung: „dass die Gefahr bei Betretung der Minengalerie nach erfolgter Explosion einer Mine, wenn die Verdämmung gut hergestellt ist, nur durch die Zündwurst und den durch die Leitröhre eindringenden Pulverdampf herbeigeführt werde, und dass daher, wenn man eine Zündungsart erfinde, wodurch die Zündwurst beseitigt wird, es möglich sei, dass gleich nach der Explosion der Mine ein Mann mit Erdsäcken zum Ende der Leitröhre eile, und die Oeffnung an derselben verstopfe, somit das Eindringen des Pulverdampfes der Mine in die Galerie verhindert, auch alle Gefahr bei der also- gleichen Betretung derselben aufgehoben werde.“

General Rugby, Commandant der Schule zu Verdun, suchte dieser Absicht mittelst der Feuermaus zu entsprechen. Zu dem Ende legte er Fig. 84 eine doppelte miteinander verbundene Leitröhre a, b, c, d, e, f, welche an ihren Ecken abgerundet und inwendig glatt gehobelt war.

An dem Punkte c nächst dem Pulverkasten hatte sie eine Oeffnung, worin eine andere kurze Leitröhre mit ihrer Zündwurst die Verbindung mit der Pulverladung herstellte; an eben diesem Punkte c in der grossen Leitröhre f, d, a ward Loderpulver in hinlänglicher Menge gestreuet.

Durch diese Leitröhre zog Rugby eine Schnur, verband sie mit einem eisernen Kettchen f, i, um

welche eine Lunte g gewickelt und mittelst Drath befestigt wurde. Wenn man nun die angezündete Lunte mittelst der Schnur nach der Richtung f, e, d, c u. s. f. zog, so lief dieselbe mit der Feuermaus g fort bis zu dem Punkte c, wo das Loderpulver gezündet, das Feuer der Pulverladung mittheilte.

Das Verfahren bei dieser Zündungsart ist wegen der genauen Legung der fleissigen gut gehobelten Leitröhre, besonders an den Abrundungen, schon an und für sich zeitraubend, indem der kleinste Mangel an der nöthigen Genauigkeit leicht die Zündmaus in ihrem Laufe aufhalten kann; durch die Schnur kann das Loderpulver früher weggestreift werden, bevor diese den Punkt c erreicht, oder die Feuermaus kann durch die Reibung in der Leitröhre ausgelöscht worden sein, und todt am Zündpunkt anlangen, was ein Versagen der Mine zur Folge hat. Dies sind wesentliche Nachtheile. Wirklich zeigten mehrfältige Versuche, auch vom Erfinder selbst vorgenommen, dass diese Zündungsart unverlässlich und daher bei feindlichen Gelegenheiten nicht wohl anzuwenden sei.

Fast denselben Gebrechen unterliegt die sogenannte verbesserte Feuermaus, wo statt des Luntens ein Zündlicht angebracht wird. Wenn dieselbe vielleicht etwas sicherer in der Zündung ist, was auch zu erproben wäre, so kleben derselben dennoch die andern Unvollkommenheiten, besonders die der zusammengesetzten doppelten und zeitraubenden Leitröhre an.

Zündung mittelst Phosphor.

§. 183. (Fig. 85. Taf. VI.)

Gillot gibt diese Zündungsart mit Phosphor an, wonach später aufgetauchte Erfindungen mittelst der chemischen Zündung und des Percussionsschlusses im Princip auf dasselbe hinausgehen, und nur in ihrer Anwendbarkeit und Zusammensetzung, sowie in der mehr oder mindern Gefährlichkeit und Verlässlichkeit sich von dieser unterscheiden.

Ueber, oder auch in einem Pulverkasten, wenn der hohl gelassene Raum über der Pulverladung es gestattet, befestigt man Fig. 85. ein kleines Kästchen A, worin eine dem Flintenschlosse ähnliche Vorrichtung angebracht wird. Anstatt des Feuersteins wird an den Hahn ein Phosphorfläschchen eingeschraubt, welches nach abgezogenem Hahn an einem zu diesem Ende befestigten Eisenstängchen sich zerschlägt, den flammenden Phosphor in das Pulver wirft, und dieses zündet.

Man weiss von keinem Versuche, welcher mit dieser Zündungsart veranstaltet wurde; jedoch dürften nachfolgende Bedenklichkeiten dagegen obwalten.

Die Construction eines Flintenschlusses ist schon an und für sich nicht immer die verlässlichste, indem sich Flinten oftmals entladen, ungeachtet dessen Hahn in Ruhe gesetzt worden ist; die Aufstellung dieses Schlusses im Finstern, das Fest-

machen der Schnur an dem Drücker, das leichte Losbrennen der Pulverladung bei dem geringsten Zug an der Schnur, die durch die dabei zu beobachtende mehr zeitraubende Vorsicht bei der Herstellung derselben und bei der Verdämmung, der Mangel an Gewissheit, ob der Phosphor jederzeit sich wirklich entzündet, endlich die Gefahr, welche bei dem Abschlagen des Schlusses und nicht erfolgter Explosion der Pulverladung das Ausdämmen herbeiführt, weil gerade durch eine geringe Bewegung der Vorrichtung dieselbe sich entzünden kann, sind Bedenklichkeiten, die bei gegenwärtig mehr erprobten Zündungsarten den Gebrauch dieser Gillot'schen Phosphorzündung eben nicht nothwendig machen.

Andererseits ist es nicht zu verkennen, dass durch diese Zündungsart der beschwerliche Pulverdampf der Zündwurst mehr beseitigt wird; dass die Gefährlichkeit der Aufstellung und das Befestigen der Ziehschnur bei einem zweckmässigen vorsichtigen Vorgang viel von ihrer Wichtigkeit verliert, und dass bei Minen, welche vom Tage errichtet werden, wie z. B. bei den Flatterminen, diese Gefährlichkeit bei der gehörigen Achtsamkeit sich gänzlich verlieren dürfte, der Gebrauch dieser Phosphorzündung besonders bei jenen Minen, welche längere Zeit unter der Erde zu verbleiben haben, anwendbar scheint. Demnach sind noch mehrfältige Versuche darüber abzuwarten.

Zündung mittelst des chemischen Apparates.

§. 184. (Fig. 86 und 87 dann 88. Taf. VII.)

Die hier folgende Zündungsart wurde von dem damaligen Obersten und Mineur-Corps-Commandanten d'Halouzier erfunden, und in Hainburg und Wien mehrfachen Versuchen unterzogen.

Der Apparat hiezu besteht Fig. 86 und 87 aus einem 1' langen, 9" breiten, und 9"—7" hohen Kästchen; in zwei Fläschchen oder hohlen gläsernen Cylindern g, die den Zündstoff enthalten; in dem Keile m, welcher durch den Bolzen p in seiner verticalen Lage erhalten wird, und der nach dessen Herausziehen auf die zwei Fläschchen

g fällt, sie zerschlägt, die darin enthaltenen chemischen Stoffe in Berührung bringt, und durch die dadurch hervorgebrachte Flamme, welche sich der Pulverladung mittheilt, die Explosion der Mine bewirkt.

Hier folgen die nähern Angaben:

Die hohlen Cylinder g sind $6\frac{1}{2}$ Zoll lang und ungefähr 4 Linien dick, von nicht allzu starkem Glase. In den einen Cylinder wird Vitriol- oder Schwefelsäure gegeben und an beiden Enden zugeschmolzen der andere mit einer fein gepulverten innigen Mischung von der Halbscheide Chlorkali, und der Halbscheide Zinnober gefüllt.

die offenen Enden aber gut und luftdicht mit Kork verstopft, in Pech getaucht, oder sorgfältig mit Wachs überzogen und verklebt.

Eine Mischung von weissem Zucker mit Chlorkali schien nicht so vortheilhaft zu sein, indem sie sich nach einiger Zeit im Fläschchen ballte.

Diese zwei also gefüllten Fläschchen g werden nahe am Boden auf 2''' bis 3''' Entfernung übereinander in eigends dazu vorgerichtete, mit Löchern q zur Aufnahme derselben versehenen Klötze h eingelegt; und damit diess leicht bewerkstelliget werden kann, sind sowohl beiderseits an dieser, so wie an den Seitenwänden des Kästchens selbst Schuber h' und f angebracht, wovon letztere auch noch zur Einlegung der Zündwurst und sonstiger Herrichtung dienen.

Der rechtwinkelige Keil m, von 6" Höhe, 4" Breite und 2" Dicke, ist mit Blei ausgegossen, wiegt beiläufig 2 Pfd., dreht sich um die Achse 0 und wird durch einen Bolzen p, der durch das ganze Kästchen reicht und durch eine an der obern Fläche des Keiles m angeschraubte blechene Hülse m' geschoben wird, in der verticalen Lage so lange erhalten, bis nicht dieser Bolzen p ganz aus der Hülse m' herausgezogen ist, wodurch er auf die beiden Fläschchen fällt und sie zerschlägt. Die nun in Berührung gebrachten chemischen Stoffe, nämlich die Schwefelsäure, das Chlorkali und der Zinnober entzünden sich, und das am Boden unter den Fläschchen gestreute Loderpulver, welches sein Feuer der Zündwurst, und diese der Pulverladung es mittheilt, bewirken die fast augenblickliche Zündung der Mine.

Das Kästchen wird Fig. 88 ausserhalb des ersten Rostes und der ersten Krönung auf die Sohle der Galerie gesetzt; es verbindet sich einerseits Fig. 86, 87, 88 am Boden desselben mit der Leitröhre a, b und der an beiden Enden offenen Zündwurst k, welche unter der Krönung und dem Rost hindurch bis in den Pulverkasten reichen, und andererseits an der Decke mit dem Leitröhre c d, welches die Abziehschnur, und nach dem Herausziehen des Bolzens auch diesen aufnimmt.

Die Abziehschnur, welche an dem Bolzen angebunden ist, liess der Erfinder zur leichtern Beweglichkeit um mehrere in der Leitröhre angebrachte Rollen laufen, welche aber nur an denen Winkeln derselben als Nothwendigkeit erschei-

nen dürften. Rückwärts der Verdämmung bis zu dem Zündorte wird die Schnur wie gewöhnlich durch Ring- und Rollenpflocke geführt.

Diese chemische Zündungsart besitzt zwar mehrere Vorthelle, aber auch überwiegende Nachtheile:

Sie zündet sicher und versagt sehr selten. Man kann sie in einer trockenen Galerie längere Zeit liegen lassen, um in dem geeignetsten Momente die Zündung der Mine vorzunehmen. Es wird die Zündwurst bis auf das kurze Stück erspart, welches aus dem Zündkasten in den Pulverkasten geführt wird; und obwohl der gefährliche Minendampf durch Beseitigung des grössten Theils der Zündwurst nicht ganz vermieden wird, so wird er auch nicht durch den Pulverdampf der Zündwurst vermehrt.

Hingegen ist das Einlegen der Zündfläschchen immer mit vieler Gefahr verbunden; es kann nur mit grosser Vorsicht geschehen, indem ein Zerschlagen derselben das grösste Unglück herbeiführen würde. Die Herstellung der Verdämmung erfordert grosse Behutsamkeit, dass an der Leitröhre oder an der Schnur keine Verrückung stattfindet, denn die Leitröhre muss, wenn man nicht den Pulver- und Zündkasten um 7", oder das Nöthige, unter der Sohle der Galerie versenken will, entweder mittelst eines Knies und Rollen, ausserhalb der Bogenlänge, unter die Sohle der Galerie versenkt werden, oder sie muss innerhalb der Verdämmung einen Fall bis an die Sohle der Galerie erhalten, was viel Umständlichkeit und Zeitverlust herbeiführt. Ferner kann diese Zündungs-Vorrichtung nur in trockenen Galerien längere Zeit stehen bleiben, weil in feuchten oder nassen Galerien ungeachtet der Taufe, welche bei dem Kästchen erst nach Einschiebung der Schuber nicht wohl mehr verlässlich geschehen kann, das Loderpulver, welches frei auf dem Boden des Kästchens unter den Zündfläschchen gestreut worden ist, die Nässe oder Feuchtigkeit anziehen, und die Zündung unverlässlich machen wird. Der grösste Nachtheil aber, der dieser Zündungsart anklebt und der bei den Versuchen in Wien im Jahre 1830 sich ergeben, tritt bei einem Versagen derselben ein, wenn die Fläschchen zwar durch den Keil zerschlagen werden, die chemischen Stoffe aber nicht in Berührung gerathen; jede Ausdämmung

wird dann fast unmöglich, indem das geringste unvermeidliche Rütteln an dem Apparat die bemerkten Stoffe zusammenbringen kann, und durch die dadurch hervorgebrachte Explosion bei theilweiser

oder ganz ausgeräumter Verdämmung nicht nur die in Arbeit begriffenen Mineure tödten, sondern auch die Galerie selbst einstürzen oder namhaft beschädigen würde.

Zündung mittelst des Percussionsschlusses.

§. 185. (Fig. 89, 90, 91, 92. Taf. VII.)

Es gibt derlei Zündungsarten mehrere, welche in ihrer Anwendung und Brauchbarkeit mehr oder minder entsprechend sind. Man wird nur diejenige anführen, welche von dem kgl. sächsischen Ingenieur - Oberlieutenant Lehmann *) her stammt, und bei mehrfältigen Versuchen in Hainburg, als brauchbar bei gewissen Vorkommnissen, anerkannt wurde.

Das Percussionsschloss Fig. 89, 90, 91 besteht aus einer Platte s von einem 1" dicken Eisenbleche, aus einem Hebelsarme c, an welchem eine keilförmige Stütze a befestigt ist, um die Schlagfeder b auflegen zu können. Diese Schlagfeder b ruht mit ihrem andern Ende ebenfalls auf eine Stütze f, um welche sie sich von der Stütze a seitwärts abdrehen lässt, um das Zündhütchen auf den Piston z setzen zu können. Die Platte s erhält an ihren Enden zwei Einschnitte e und é, mittelst welcher sie an die Holzschraube n angeschoben, und über die Flügelschraube m, welche mit ihrem Flügel der Länge nach gestellt ist, herabgeschoben wird, damit sie auf den für die Patrone p durchlöcherten Brett d gehörig durch eine Viertelwendung der Flügelschraube befestigt werden kann. Unter dem Piston z befindet sich eine männliche Schraube mit ihrem Feuerkanal, woran eine eiserne Patronenhülse p zur Aufnahme der nöthigen Pulverladung für die Zündung angeschraubt wird, indem ohne diese Vorrichtung, durch die Detonation des Zündhütchens, das entfernte Pulver der Minenladung wohl auseinander geworfen, aber nicht entzündet wird.

Soll die Zündung vor sich gehen, so wird das Schloss, bevor es durch die zwei Schrauben m und n an das Brett des Pulverkastens befestigt wird, in der Hand geladen; man zieht die Schlagfeder b vom Piston

mittelst einer Viertelwendung ab, setzt das Zündhütchen fest auf denselben, bringt die Schlagfeder b wieder gehörig vorsichtig auf die Stütze a, füllt die Patronenhülse p mit gutem Pulver und verstopft sie an ihrem Ende entweder mit einem Pfropf von geballtem Hanf, oder auch mit gut geheiztem über eine Bleikugel gewickelten Feuerschwamm, und befestigt das geladene Schloss, wie oben bemerkt, mit den zwei Schrauben m und n; endlich wird noch die Abziehschnur an dem Hebelsarm c angebunden, nachdem sie bereits früher durch die Leitröhre gezogen und an ihrem äussern Ende gut versichert wurde. Anstatt die Schnur an den Hebelsarm c anzubinden, wird es oft vortheilhafter und zeitersparend, an dessen Ende einen Federhaken (Karabiner) einzuhängen, welcher bei seiner nothwendigen etwas strengern Nachgiebigkeit nur nach der Länge des Hebelarmes eingezogen werden darf, um jegliche Gefahr zu vermeiden.

Wird das Zeichen zur Zündung gegeben, so zieht man die Ziehschnur an einem entfernten gefährlosen Punkt; dadurch dreht sich die an dem Hebelsarme festgemachte keilförmige Stütze a, hebt die Schlagfeder b, welche bei ihrer Auslösung mit ihrer Federkraft heftig auf das Zündhütchen schlägt und augenblicklich die Explosion der Pulverladung bewirkt. Diese Zündungsart unterliegt nicht so vielen Umständen, wie die bereits angeführten mit der Feuermäus, dem Phosphor und dem chemischen Apparat; und durch fortgesetzte Uebung bei werkstellenden Versuchen, dürfte sie einen möglichst hohen Grad der Brauchbarkeit erreichen.

Man wird das bereits darüber aus der Erfahrung Erhobene in Kürze anführen.

Indem zum Abziehen des Hebelarmes b schon eine ziemlich bedeutende Kraft erfordert wird, so ist bei einiger Achtsamkeit so leicht keine unzeitige Detonation der Pulverladung zu besorgen, da eigentlich nur das Einhängen oder Anbinden der Schnur einer besonderen Aufmerksamkeit zu un-

*) Abhandlung über eine Art der Minenzündung von C. F. Peschel. Dresden, Gärber'sche Buchhandlung.

terziehen ist, und immer nach der Länge des Hebelarmes zu geschehen hat. Bei dem Versagen der Zündung kann die Ausdämmung ohne Gefahr bewerkstelliget werden. Hinsichtlich der Sicherheit der Zündung kommt nach gemachter Erfahrung zu bemerken, dass wenigstens mit denen von Wien erhaltenen Zündhütchen von 6''' und 3''' Durchmesser die Detonation nicht verlässlich erfolgte, weil wahrscheinlich das Kupfer zu dick für die Kraft des Federschlages gewesen; aus dieser Ursache musste man sich der gewöhnlichen Flintenzündhütchen von 1''' Durchmesser bedienen, und, um auch bei diesen kein Versagen befürchten zu dürfen, wurden zwei Pistons zu zwei Zündhütchen am Schloss angebracht, welche jederzeit zündeten. Doch ist nicht zu verkennen, dass diese Zündhütchen hinsichtlich ihrer geringen Dimension etwas schwierig zu behandeln sind, und es wäre wünschenswerth für grössere Durchmesser der Zündhütchen entweder diese empfindlicher zu machen, oder den Schlag darauf mittelst einer mehrfältigen Versuchen unterzogenen Vorrichtung zu verstärken. Ferner wird nur in besondern Fällen und mit Anwendung der grössten Vorsicht und Umsicht es rathsam, diese Zündungsart in finstern Minengalerien anzuwenden. Gebietet es aber die Nothwendigkeit, Minen längere Zeit vor ihrem Gebrauche zu laden, und sind besonders die Galerien feucht oder nass, so wird diese Zündungsart bei der gehörigen Vorsicht dennoch weniger gefährlich und verlässlicher, wie jene mittelst des Phosphors oder des chemischen Apparats, indem man noch Fig. 92 das Kästchen, in welchem das Percussionsschloss befestiget ist, innerhalb des Pulverkastens anbrin-

gen, somit die Pulverladung als den Zündapparat vor Feuchtigkeit sicher stellen kann, ohne die Gefährlichkeit der benannten zwei Apparate, besonders bei dem Ausdämmen zu besitzen.

Sind aber Minen, wie z. B. Flatterminen, unverdämmte Minen u. s. f. vom Tage anzulegen, und müssen sie wie erstere auch noch längere Zeit unter der Erde verbleiben, so entspricht diese Zündungsart jeder der oben angegebenen Erfordernisse in hohem Grade den billigen Anforderungen, besonders in Hinsicht der Sicherheit und Schnelligkeit der Zündung, wobei aber bemerkt werden muss, dass der Knallpräparat der Zündhütchen mit einem dünnen wasserdichten Firniss, den selbst eine längere anhaltende Feuchtigkeit nicht angreift, zu überziehen wäre.

Versenkt man den Pulverkasten um seine halbe Höhe oder mehr unter die Sohle der Galerie, so kann die Leitröhre a, b mit jener in der Galerie in einem fort in derselben Höhe fortlaufen; ist es aber nothwendig, den Pulverkasten ohne Versenkung auf die Sohle selbst zu setzen, so wird sie, um die Verdämmung nicht zu beirren oder zu verzögern, besonders wenn der Pulverkasten in die Seitenwand eingeschoben wird, mit einem Knie a d, Fig. 92, schon im Voraus im Zeuggarten hergestellt, versehen, in welchen die nöthigen Rollen c angebracht sind.

In den meisten Fällen wird man aber entweder durch eine andere Lage, die man dem Schlosse gibt, oder mittelst einer geringen Abänderung des Hebelarmes abhelfen und einer mehr zusammengesetzten Vorrichtung vorbeugen können *).

Zündung mittelst der Rakete.

§. 186. (Fig. 93, 94 u. 95. Taf. VII.)

Jedes gleichartige Flüssige drückt, wenn nicht eine andere Kraft, wie z. B. die Schwere u. dgl. störend einwirkt, nach allen Seiten gleich, und bleibt, gehörig eingeschlossen, im Gleichgewicht. Wird aber durch eine Einwirkung, wie durch theilweises Oeffnen des Gefässes, an einer Seite das Gleichgewicht gestört, so wird der Druck des Flüssigen an dieser geöffneten Seite um eben so viel vermindert, als der Druck auf diese Ausflussöffnung beträgt.

Es wäre, Fig. 93 u. 94, der Grundriss und Durchschnitt eines auf die Höhe a e mit einem Flüssigen angefüllten Gefässes. Dieses Flüssige wird, da der Druck nach allen vier Seitenflächen

*) Wie und auf welche Art mit Vortheil diese Zündungsart statt der langsameren und gefährlicheren mittelst der Zündwurst und des Zündkastens bei unverdämmten flüchtigen Minen anzuwenden ist, findet man im Detail in der Relation über die Minenversuche vom Jahre 1838 im k. k. Mineur-Archiv.

ab, bc, cd und dogleich wirkt, sich im Gleichgewicht erhalten; öffnet man aber an einer Seitenfläche cd dieselbe bei g, dass das Flüssige dadurch ausfliessen kann, so wird der Druck desselben auf die Wand cd, fd um jenen, welcher auf die Fläche dieser Oeffnung g wirkt, vermindert, mithin auf die Wand ab, ae ein um den Unterschied dieser Kräfte stärkerer Druck ausgeübt wie auf cd, df.

Ist nun dieser Unterschied des Druckes beträchtlicher wie die Reibung an der untern Fläche des Gefässes und der Ruhefläche mn, so gleitet das Gefäss von n nach m, oder wird, Fig. 95, sich um die in dem Schwerpunkte o angebrachte feste Achse drehen, wenn die Oeffnung g' nicht in der Mitte der Seite, sondern näher an einer der zwei Seitenflächen ad oder bc liegt.

Würde dem Ausfluss des Flüssigen bei g oder g' ein Hinderniss entgegengesetzt, so ist klar, dass auch der stärkere Druck auf die Fläche ab um dieses Hinderniss vermindert wird. Daher wirkt ebenfalls der Druck der Luft nachtheilig auf die Bewegung des Gefässes ein, und es ist ersichtlich, dass diese Bewegung nicht nur nicht durch den Luftdruck bewirkt, sondern vielmehr von demselben gehindert wird.

Dieselbe Bewandtniss hat es bei den Raketen, Feuerrädern und Schwärmern u. s. f. bei den Lust- und Kunstfeuerwerken.

Man beschränkt sich hier nur auf die Rakete, in so ferne sie zum Gebrauch der Minenzündung verwendet wird.

§. 187. (Fig. 96. Taf. VII.)

Die Rakete, Fig. 96, auch Laufrakete, Laufzünder, *Fusée porte feu* genannt, besteht aus einer hohlen cylinderförmigen Papierhülse a einer hölzernen Halbkugel mit einem Cylinder-Absatz m, der in dem obern Theil der Hülse befestiget ist, aus einem fest geschlagenen Satze von Pulver und andern Bestandtheilen, der Raketensatz genannt, welcher in der Achse einen hohlen Raum, die Seele, hat, und der durch das Stranguliren der Hülse an ihrem Halse f hervorgebrachten halbkugelförmigen Kappe e.

Damit das Pulver sich schnell entzünde, muss es in Form von Körnern gestaltet sein, welche Zwischenräume unter sich haben, die mit Sauerstoff oder auch nur mit atmosphärischer Luft ausgefüllt sind; denn nur dadurch kann die so rasch

progressive Mittheilung der Flammen vor sich gehen. Werden dem Pulver diese Zwischenräume entzogen, so gehet das Verbrennen desselben nur an der mit der atmosphärischen Luft in Berührung stehenden Fläche vor sich, weil (§. 6) kein Verbrennen des Pulvers ohne jene stattfindet. Daher werden auch bei einem festen Pulversatz seine Gase und die damit verbundene Kraft nur langsam, in einem längeren Zeitraume und zwar mit minderer, dafür aber länger anhaltenderer Wirkung entwickelt wie bei gekörntem Pulver. Durch das feste Schlagen des Raketensatzes der Rakete bewirkt man daher, dass derselbe sich nur an der Oberfläche seiner Seele entzündet und langsam verbrennt.

Das Elastisch-Flüssige dieses langsam sich entzündeten Raketensatzes äussert seine Kräfte nach allen Seiten gleich und gleichförmig; diese Kräfte werden daher an allen Punkten h, h', welche rund herum um die Seele sich entwickeln, gegenseitig sich aufheben, wenn die Hülse stark genug ist, um den gehörigen Widerstand zu leisten. Derselbe Fall würde eintreten an der obern und untern Seite des Raketensatzes, wenn die Mündung ebenfalls verschlossen würde; entweder müsste die Rakete platzen, oder aber ihre obern und untern Kräfte sich wechselweise aufheben; nachdem aber die Mündung bei e offen ist, und die aus dem Raketensatz entwickelten Pulverkräfte auf dieser Seite entfliehen, so werden nach §. 186 dieselben nur mehr nach oben gegen b ihre Wirkung äussern, wenn der Kopf fest mit der Hülse verbunden ist, daher die Rakete nach der Achse von e nach b fortbewegen; diese Bewegung wird so lange und noch länger dauern, als der Raketensatz brennt, und die Richtung wird so lange beibehalten, als nicht ein anderer störender Einfluss sie ändert. Ein Einfluss dieser Art liegt in der nicht möglich mathematisch genauesten Verfertigung der Rakete selbst, indem die Papierhülse nicht gleich stark und dicht, der Raketensatz nicht vollkommen gleich gemischt und geschlagen werden kann, der Kopf selbst in seinen innern und äussern Theilen nicht mathematisch gleichartig ist u. s. f.; dadurch wird die Rakete bei dem wandelbaren Schwerpunkte derselben ihre Richtung oftmals ändern, wenn nicht durch andere Vorrichtungen ihr Lauf geregelt wird.

Die gewöhnlichsten Mittel, den Lauf der Ra-

kete in der ihr bestimmten Richtung zu erhalten, sind der Raketenstock, das Einlegen in eine Leit-
röhre oder der Lauf längs einer Schnur, zu wel-
chem letztern Behufe um die Rakete noch zwei
Ringe, die an die Schnur gehangen werden, be-
festigt sind und mehrere andere.

Nur letztere zwei Arten sind zur Minenzün-
dung für gewöhnlich anwendbar.

Die Verfertigung der Rakete wird wohl am
besten und leichtesten praktisch erlernt; allein da
der Mineur nicht immer Gelegenheit dazu hat,
und es oftmals sich ereignet, dass von der Artil-
lerie keine abgefasst werden können, mithin die
eigene Erzeugung nothwendig wird, so gibt man
das Verfahren bei der Herstellung derselben an,
wie folgt:

§. 188. (Fig. 96 bis 98. Taf. VII.)

Der Raketensatz ist seiner Bestimmung
nach vielfältig verschieden; der zu obigem Zwecke
anwendbare besteht aus 5 Theilen 40—60 gradigem
Pulver, und 1 Theil feinen Kohlenstaub aus Lin-
den-, Erlen- oder Haselholz, oder aus $\frac{2}{5}$ Pulver,
 $\frac{2}{5}$ Salpeter und $\frac{1}{5}$ Kohlenstaub dem Gewichte
nach. Die einzelnen Bestandtheile werden jeder für
sich zu feinem Mehl gerieben und dann gut ab-
gemischt. Der also fertige Satz wird in ein hölzer-
nes oder kupfernes Gefäß gebracht und mit einem
dazu passenden Deckel bis zum Gebrauche sorg-
fältig zugedeckt.

Die Raketenhülse wird folgendermassen
hergestellt:

Auf ein glatt gehobeltes Bret wird ein hal-
ber Bogen festes Kanzleipapier gelegt, an einem
Ende $3\frac{1}{2}$ Zoll, als die abgewickelte Umfangslänge
des Rollcylinders Fig. 98 A, trocken gelassen,
der übrige Theil aber mittelst eines Pinsels mit
Tischlerleim gut und gleichförmig bestrichen, auf
den Rollcylinder von dem trocken gelassenen Ende
angefangen, fest und glatt gewickelt, und die Hülse
auf diese Art aus 5 halben Bögen, welche mit
Ausnahme des ersten ganz mit Leim bestrichen
werden, erzeugt. Die Hülse wird von dem Roll-
cylinder abgezogen, in der Sonne, oder beim ge-
heizten Ofen zur Hälfte getrocknet, nach Bedarf
lang, abgeschnitten und sodann strangulirt.

Das Stranguliren geschieht entweder mit-
telst einer guten Rebschnur, oder besser mit einer
starken Basssaite auf folgende Art: Man befestigt

das eine Ende der Schnur an einem festen unbe-
weglichen Gegenstand, und an dem andern dersel-
ben einen runden starken Knebel.

Der mit der Verfertigung beauftragte Mineur
nimmt die Schnur zwischen die Beine, legt den
Knebel quer hinter seine Schenkel, steckt in die
Raketenhülse von einem Ende den R a k e t e n d o r n
Fig. 97, und von der andern Seite den Lagerungs-
setzer B Fig. 98 dergestalt ein, dass der halbrunde
Absatz O des erstern ganz in der Hülse steckt
und zwischen diesem und dem Setzer ein kleiner
Raum übrig bleibt, schlägt über diesen die Schnur
rund herum, spannt selbe sehr stark, und rollt die
Raketenhülse so lange auf und ab, bis er die Ra-
k e t e n k a p p e e gebildet hat, nimmt $1\frac{1}{2}$ Elle fe-
sten Spagat, bindet den Hals damit fest und wi-
ckelt den Rest des Spagats ebenfalls um densel-
ben; macht noch einen Knopf, fasert die Enden
davon auf und leimt sie auf den bereits umwun-
denen Spagat. Nun ist die Hülse fertig und wird
zur vollkommenen Austrocknung auf die Seite gelegt.

Sind die Hülsen vollkommen trocken, so wer-
den sie mit dem Raketensatz gefüllt, was man das
Schlagen der Rakete nennt, und wobei also
vorgegangen wird.

Nachdem der Mineur den nur selten nöthigen
aus Metall gegossenen Raketenstock, hinsichtlich
seines Gewichtes, nicht mitführen kann, und der-
selbe auch nicht unumgänglich nothwendig ist, so
beschreibt man nur das Verfahren bei der Schla-
gung der Raketen aus freier Hand mit denen leicht
mitzuführenden Werkzeugen:

Zu dem Ende wird Fig. 98 ein Aufsatzel
C von Holz sammt dem Dorn Fig. 97 in einem
Holzstock eingemacht, die Hülse auf den Dorn
gesetzt, und von einem Manne gerade und fest ge-
halten. Nun wird ungefähr $\frac{1}{4}$ Loth des Raketen-
satzes mittelst eines reinen Horn- oder Kupferlöff-
fels, Satzschaukel, in die Hülse gebracht, mittelst
des Lagerungssetzers B Fig. 98 mit der
Hand gedrückt, und sodann mit einem hölzernen
Schlagklippel D mit 3 oder 4 nicht sehr hef-
tigen Schlägen fest geschlagen.

Auf diese Art wird fortgefahren, bis der Satz
in der Hülse die Krümmung des Halses übersteigt,
worauf mit dem hohlen Schlagsetzer E auf
dieselbe Art fortgesetzt wird.

Wenn die Füllung den Dorn ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll
übersteigt, so nimmt man den vollen Schlag-

setzer F und verstärkt die Schläge mit dem Klippel. Ist die Hülse bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll voll geschlagen, so wird der in der Hülse genau und fest passende Cylinder des Kopfes b Fig. 96 mit Tischlerleim bestrichen und eingedrückt.

Nun wird Mehlpulver mit etwas Weingeist angefeuchtet, ein Stück Stupine darin aufgefrischt, sammt etwas Satz in den Hals eingedrückt, die Kappe mit einem Stück Papier verklebt, und die nun fertige Rakete bis zum Gebrauche aufbewahrt.

Abgesehen von der höchst nöthigen Vorsicht bei der Verfertigung der Raketen dürften einige Bemerkungen darüber nicht überflüssig sein.

Das Papier darf durch das Bestreichen mit Leim nicht zu stark aufgetrieben werden, damit es beim Rollen nicht reisse und möglichst gleichförmig bleibe.

Beim Schlagen oder Versetzen des Satzes muss sowohl der hohle als der volle Setzer stets langsam in die Hülse eingelassen, und erst dann, wenn er den Satz berührt, mit dem Klippel darauf geschlagen werden.

Der hölzerne Kopf b ist besonders fest in die Hülse einzufügen, weil, wie die Erfahrung es zeigte, derselbe sonst leicht durch die Gewalt des Satzes herausgeschlagen und die Rakete in ihrem Laufe plötzlich gehemmt würde.

§. 189. (Fig. 99. Taf. VII.)

Eine 6 Zoll lange Rakete läuft mit Sicherheit in dem Leitrohr 50 Klafter, und eine 9 zöllige 75 bis 80 Klafter. Wird die Entfernung, welche die Rakete durchlaufen soll grösser, so kann man das Portée der einen Rakete auf mehrere vertheilen, indem man nach Fig. 99 am Ende der ersten Station an der Leitröhre a eine andere b an der Seite befestiget, beide mitsammen durch die Oeffnung f in Verbindung setzt, eine Rakete c mit dem Stupinen einlegt, und Loderpulver streut, welche Rakete c durch die Rakete d gezündet und weiter befördert wird.

§. 190.

Der Gebrauch und die Anwendung der Rakete zur Minenzündung besteht in Folgendem:

Man legt das $1\frac{1}{2}$ bis 2" breite, $1\frac{1}{2}$ " hohe, inwendig gut gehobelte Leitrohr auf dieselbe Art wie jenes, welches die Zündwurst aufnimmt, mit

dem Bemerken, dass die nächstfolgenden Stücke von der Pulverladung angefangen immer in die nächst vorhergehenden eingeschoben und nicht überschoben werden müssen, damit die Rakete sich nicht spiesse.

Soll nun die Mine bei einem ununterbrochenen geraden Lauf gezündet werden, so legt man am Ende der Leitröhre die Rakete ein und zündet sie mit einem Lunt. Ist aber das Ende der Leitröhre so nahe der Mine, dass diese Zündung Gefahr besorgen liesse, so schlägt man zwei Pflöcke ein, den ersten niedriger nahe an der Mündung der Leitröhre und der eingelegten Rakete, den andern höhern an einem entfernten sichern Ort, verbindet beide mit einer fest gespannten Schnur, und hängt an dieselbe nahe bei dem höhern Pflöck die mit zwei Ringen versehene Rakete, den Schnurläufer auf. Wird nun dieser mit einem Lunt an seinen Stupinen gezündet, so läuft er mit grösster Schnelligkeit an der Schnur bis zu dem ersten Pflöck, wo er das hier gestreute und mit der eingelegten Rakete in Verbindung gesetzte Loderpulver zündet, das sein Feuer dieser Rakete mittheilt, welche beinahe in demselben Augenblick in der Pulverkammer anlangt und die Explosion der Mine bewirkt.

§. 191. (Fig. 100. Taf. VII.)

Soll, Fig. 100, die Zündung mittelst der Rakete nicht in einer ununterbrochenen geraden Richtung stattfinden, sondern von der Richtung a c nach der Wendung ab abbrechen, so wird der Winkel cab nach einem Halbmesser de abgerundet, welcher mindestens der dreifachen Länge der Rakete gleich ist, in welcher Abrundung letztere ohne Anstand ihren Lauf fortsetzt.

§. 192. (Fig. 101. Taf. VII.)

Hat nach Fig. 101 eine Rakete a ihr Feuer nach mehreren Wendungen bc, de fortzupflanzen, so legt man an diesen Wendungen abermals Raketen ein, welche mit ihrer Mündung an die Hauptleitröhre gf gelegt und mit Stupinen und Loderpulver, welche etwas in diese eingreifen und verbunden werden, um das Feuer der Rakete a um so sicherer zu empfangen. Am Ende aller Leitröhren muss über dem letzten Zündpunkt, um beiläufig $1\frac{1}{2}$ bis 2 Raketenlängen die Rakete fortlaufen, damit der Feuerstrahl davon noch die Zün-

dung der letzten Rakete bei d bewirke; und, damit kein Rückspringen derselben stattfindet, welches ein Versagen an diesem Orte besorgen liesse, so wird die Leitröhre gegen ihr Ende f dergestalt verengt, dass die Rakete darin stecken bleibt.

§. 193. (Fig. 102. Taf. VII.)

Auf diese Art kann, Fig. 102, die gleichzeitige Zündung mehrerer Oefen von Nr. 1 bis Nr. 10 viel schneller, sicherer, einfacher und mit weniger Kosten bewirkt werden, wie durch die zusammengesetzte Feuerführung mittelst der Zündwurst. — Zu dem Ende legt man in das Leitrohr a b die Rakete a ein, welche nach ihrer Zündung in einem kaum merkbaren Zeitraum ihre Bahn von a bis b durchlaufen und im Vorbeigehen die bei c an den Wendungen eingelegten Raketen gezündet haben wird. Diese Raketen c tragen in derselben Geschwindigkeit ihr Feuer nach d, wo das Loderpulver das Feuer der Rakete mit der Zündwurst in Verbindung setzt, wodurch alle Kammern viel gleichzeitiger gezündet werden als es mit der Zündwurst bei der grösstmöglichen Genauigkeit zu Stande gebracht werden kann.

Obwohl es möglich wäre auch an den Wendungen von d bis in die Kammern Raketen einzulegen, so wird es dennoch einfacher und vortheilhafter sein, die Raketenzündung mit jener der Zündwurst zu verbinden, indem die Raketen mehr für länger zu durchlaufende Linien geeignet sind, und bei kurzen Linien und mehrmaligen Wendungen die Zündwurst zweckmässigere Anwendung findet.

§. 194.

Gewöhnlich wird die Leitröhre dergestalt in den Pulverkasten eingeschoben, dass die Rakete oberhalb des eingeführten Pulvers einläuft und die Ladung von der Oberfläche derselben entzündet. Obwohl diese Zündung nach der Theorie eben nicht die schnellste Mittheilung des Feuers bei der Pulverladung bewirkt, so wurde dennoch in der Ausübung wenig Unterschied bemerkbar, was vielleicht daher rühren mag, dass die untern Pulverlagen die bereits entzündeten obern im Augenblicke der Explosion durchlaufen müssen, hiermit weniger ungezündetes Pulver ausgeworfen wird, wie wenn die Zündung von der Mitte oder dem Boden des Pulverkastens geschieht.

Treten aber Umstände ein, die es nöthig machen, die Leitröhre in der Mitte oder am Boden des Pulverkastens einzustossen, so wird bis auf ungefähr 2' bis 3' Länge von dem Pulverkasten an Loderpulver zu einem Lauffeuer in der Leitröhre gestreut, um die Ladung verlässlich zu zünden, indem es sonst möglich wäre, dass die Rakete nicht mehr die Kraft besitzt, um in der Pulverladung bis zu ihrem Feuerstrahl einzudringen; jedoch ist das Loderpulver nur so dicht zu streuen, dass die Rakete in ihrem Laufe nicht gehemmt wird.

§. 195.

Es dürfte meistens besser gethan sein, der Leitröhre nicht zu viel Spielraum für den Lauf der Rakete zu geben, indem bei einer grossen Weite derselben der Rakete durch ihre unter einem grössern Winkel an den Wänden schlagender Geller viel von ihrer Kraft benommen wird; daher zu sechszölligen Raketen mit Ausnahme der abgerundeten Wendungen die Leitröhren mit $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Zoll innerer Weite in der Regel hinlänglichen Spielraum haben.

§. 196.

Die Nachtheile der Raketenzündung beschränken sich meistens nur auf die fehlerhafte Herstellung der Rakete selbst, oder jener der Leitröhre. Ist bei der Rakete die Hülse fest und gleichförmig, bei gutem Papier, verleimt, dass sie nicht platzt, ihr hölzerner abgerundeter Kopf dergestalt befestiget, dass er durch den entzündeten Satz nicht herausgeschlagen wird und den Lauf der Rakete einstellt; ist der Raketensatz gehörig, das ist, nicht zu stark, dass er selbst die gute Hülse sprengt, und nicht zu schwach oder schlecht gemischt, dass er ungleich brennt oder verlöscht, und ist auch das gleichmässige und mässig feste Schlagen desselben genau beobachtet, so wird nicht leicht ein Versagen der Zündung zu befürchten sein. Andere Fehler können in der Herstellung der Leitröhre, aus der schlechten Abhoblung, aus der Werfung derselben in feuchtes oder nasses Erdreich, oder in ihrer fehlerhaften Zusammenfügung vorkommen. Die Rakete kann ferner mit ihrem Kopfe sich bei den Oeffnungen der Wendungen spiessen; obwohl dieser Fall bei einer mit einem abgerundeten Kopfe versehenen Rakete sich noch

nicht ereignete, so kann man dieser Befürchtung durch das Abschärfen der Kanten, so wie den andern Nachtheilen durch gehörige Aufmerksamkeit und Genauigkeit im Vorgange leicht vorbeugen.

Hingegen ist die Rakete hinsichtlich ihrer sichern und augenblicklichen Zündung bei der ungehinderten und gefahrlosen Verdämmung und Ausdämmung, bei der wenigen Schwierigkeit der Herstellung, dem leichten Transporte der überall zu habenden Bestandtheile oder der Rakete selbst, bei der für den zündenden Mineur ungefährlichen Handhabung, endlich bei der wenigen Kostspieligkeit derselben, in vielen Fällen andern Zündungsarten vorzuziehen.

Diese Fälle treten besonders ein: bei allen Flatterminen, welche in dem günstigen Augenblick gezündet werden sollen; bei den Demolirungsminen und bei allen Minen, wobei mehrere Oefen gleichzeitig zu zünden sind; bei Minen, welche längere Zeit unter der Erde verbleiben, wo die Zündung in so lange stattfinden kann, als die Pulverladung selbst nicht verdorben oder die Leitröhre beschädigt ist, und dergleichen mehr. Ueberhaupt können zur Anwendung der verschiedenen Zündungsarten nur Fingerzeige gegeben werden, und es bleibt der Beurtheilung des Mineurs anheimgestellt, nach den angegebenen Vor- und Nachtheilen, nach den vorhandenen Mitteln und Umständen die entsprechendste zu wählen.

Reinigung der Galerien von dem Minendampfe.

§. 198.

Im ersten Theil dieser Abhandlung wurde das Verfahren angegeben, wie mittelst verschiedener Ventilationsarten das matte Wetter oder die matte Luft in den Galerien von der Explosion der Minen entfernt und durch reinere atmosphärische Luft ersetzt werden könne.

Obwohl nun die Ventilationen zur Noth auch nach der Explosion der Minen zur Fortschaffung der schlechten Wetter oder irrespirablen Luft anzuwenden sind, so ist ihr Erfolg nicht nur schwach, sondern auch mit vielem Zeitverlust verbunden, welche Umstände besonders vor dem Feinde wirksamere Mittel nöthig machen, damit der Vertheidiger nicht nur ohne Gefahr, sondern auch nach der kürzest möglichen Zeit seine Galerien wieder

§. 197.

Die Zündung mit dem electrischen Funken einer Electricitätsbatterie entsprach nicht der Erwartung, indem bei aller Vorsorge der electrische Funken oftmals absprang und nicht in die Kammer gelangte. Ueberdiess ist die Isolirung des Leitungsdrathes mit vieler Umständlichkeit und vielem Zeitverluste verbunden.

Neuere Versuche haben schöne Experimente und Thatsachen, sowohl mit dem electro-magnetischen als dem galvanischen Apparat dargestellt. Allein dennoch ist man der Meinung, dass sie zum gewöhnlichen Minengebrauche nicht unumgänglich nothwendig sind.

Abgesehen von den Kosten, welche eine grössere Anzahl dieser Apparate herbeiführen würden, könnten sie dennoch nur in Festungen, welche mit Minen versehen sind, angewendet werden, denn kaum wird man zum Feldgebrauch sich mit einer neuen Last beschweren, welche bei der geringsten Unachtsamkeit oder durch Zufall so leicht verdorben und unbrauchbar werden kann.

Da diese benannten Zündungsarten mehr in das Gebiet der Physik, wie in das der Minenkunst gehören, so unterlässt man auch eine weitere Auseinandersetzung dieses Gegenstandes.

benutzen und den Angreifer neuerdings mit Erfolg bekämpfen kann. Mehrere Mineurs und Schriftsteller, besonders in Frankreich, haben sich damit beschäftigt, das Eindringen des gefährlichen Minendampfes nach der Zündung der Minen, in die Galerien abzuhalten, oder ihn zu entfernen; jedoch haben die bis jetzt bekannten Arten entweder kein entsprechendes Resultat geliefert, oder es fanden keine hinlänglichen Versuche und Erfahrungen statt, oder wenn sie auch stattfanden, so wurden sie nicht veröffentlicht.

Die ziemlich allgemeine Meinung ging, wie schon angeführt wurde, dahin, dass durch die Beseitigung der Zündwurst und Verstopfung der Leitröhre an ihrer Mündung kein Pulverdampf in die Galerie dringen, somit auch dieselbe alsogleich

nach der Explosion der Mine ohne Gefahr betreten werden könne. Allein die französischen Mineurs, von denen diese Theorie herstammt, schienen selbst von dieser Verfahrensart nicht hinlänglich beruhiget, indem sie eine vollkommen gute und feste Verdämmung voraussetzen, die nicht nur der Gewalt der entzündeten Pulverladung widerstehen, sondern auch so hermetisch geschlossen sein und bleiben müsste, damit der Dampf nicht durchzudringen vermag; eine Herstellung, welche selbst bei möglichstem Zeitaufwand und Genauigkeit im Frieden kaum, vor dem Feinde aber, wo Eile erforderlich ist, noch weniger stattfinden dürfte. Demungeachtet, bauend auf diese obenangeführte Angaben, dass mit der Beseitigung des Dampfes von der Zündwurst, und jenem, welcher von der Pulverladung durch die Leitröhre dringt, alle Gefahr aus der Galerie entfernt oder abgehalten würde, dachte man nur auf Mittel eine Zündungsart ausfindig zu machen, welche die Zündwurst entbehrlich macht.

Der damalige Oberst und Mineur-Corps-Commandant d'Haloüzier erfand eine solche oben angeführte Zündungsart; sie entsprach wohl der Zündung, aber nicht der Gefahrlosigkeit der Betretung der Galerie gleich nach dem Auffliegen der Minen, und kostete mehreren würdigen Männern, welche im Vertrauen auf die angegebenen Theorien ohne Vorsicht, gleich nach der Explosion, in die Galerie eindrangen, das Leben. Dieser Versuch, welcher bedauernswerthe Ereignisse nach sich führte, stellte aber auch mehrere Thatsachen und Erfahrungen an das Tageslicht:

- 1) Wurde die traurige Erfahrung gemacht, dass auch ohne die Zündung mittelst der Zündwurst die Galerien unter obangeführten Umständen nicht ohne Gefahr gleich nach der Explosion der Minen oder wenige Zeit gleich nachher betreten werden können.
- 2) Dass durch die Leitröhre kein Dampf in die Galerie drang, weil dieselbe nicht nur in ihren der Ladung nähern Theilen zerschmettert und verlegt wurde, sondern auch am Ende der Verdämmung noch vollkommen ganz und unbeschädiget und ihre Eisentheile an den Rollen noch so glänzend und unange-laufen waren, wie sie aus der Schlosserwerk-

statt gelangten, was nicht sein könnte, wenn Pulverdampf dahin gedrungen wäre.

- 3) Dass selbst die sorgfältigste auf 2. W. L. hergestellte Verdämmung keinen Schutz gegen die böartigen Gase, welche aus der Explosion der Minen sich entwickeln, gewähre.
- 4) Dass dieser giftige Dampf sowohl durch die erschütterte Verdämmung und, aller Wahrscheinlichkeit nach, auch durch das erschütterte Erdreich gedrungen sei, somit durch die angegebenen Mittel, Beseitigung der Zündwurst und fester Verdämmung, keine Abhilfe bewirkt werden kann, und endlich:
- 5) Dass selbst unfehlbar scheinenden Theorien bei der gefährlichen Minenkunst nur mit der grössten Vorsicht und Behutsamkeit nachgekommen werden soll.

§. 199.

In den Jahren 1833 und 1834 wurden in Hainburg mehrere Versuche über die mehr oder mindere Schädlichkeit des unvermischten Pulverdampfes vollführt. Man schloss nämlich einen Galerie-Raum von 577 $\frac{1}{2}$ Kubik-Fuss möglichst hermetisch ab, zündete darin 3 Pfd. Pulver langsam zu einem dichten Dampf, in welchen die mit dem später beschriebenen Rettungs-Apparat angethane Mineure, als auch ein ohne diesen, und ohne den mindesten Schutz bekleideten Mineur - Hauptmann sich begaben. Erstere hielten über 30 und letzterer gegen 20 Minuten in diesem Raume aus, und würden auch länger darin verblieben sein, wenn nicht die grosse, aus dem entzündeten Pulver und ihrer eigenen Ausdünstung erzeugte Hitze sie genöthiget hätte, den abgeschlossenen Galerie-Raum zu verlassen.

Nach diesem wird daher auch die Zündwurst an und für sich, wenn sie nicht tief in die Erde versenkt wird, oder auf eine andere Art mit letzterer in Wechselwirkung geräth, für den Mineur nicht so gefahrbringend sein, als man früherer Zeit glaubte.

Indem nun der unvermischte Pulverdampf für sich allein keine so gefährlichen Folgen mit sich führt wie der Minendampf,

welcher nach der Explosion einer Mine in die Galerie auch durch die sorgfältigste Verdämmung eindringt, so dürfte die Ursache dieser grossen Gefährlichkeit nur im Nachfolgenden aufgefunden werden:

Jedes Erdreich enthält mehr oder minder schädliche, gebundene Gase, welche durch die Hitze und Erschütterung bei der Explosion der Minen frei werden; nicht minder werden durch die grosse Hitze des entzündeten Pulvers die umliegenden Erden ganz oder theilweise verbrannt, und dadurch ebenfalls schädliche noch unbekannte Gase entwickelt, welche, mit obigen und mit jenen aus dem entzündeten Pulver entwickelten verbunden, die ausserordentlichen Gefährlichkeiten des nun erst gebildeten Minendampfes beim Einathmen desselben herbeiführen, als da sind: Stechen in der Brust, Schmerz im Magen und in den Gliedern, ein unwillkürliches Schreien, endlich Lähmung, Ohnmacht und Tod.

Der Minendampf unterscheidet sich von dem unvermischten Pulverdampfe nicht nur durch den höhern Grad der Gefährlichkeit bei dem Einathmen, sondern auch durch den Geruch. Wenn der unvermischte Pulverdampf ob seines schwefellichtsauern Gases nach faulen Eiern riecht, so bekundet der Minendampf noch einen erdigsauren, durchdringenden Beigeruch, welcher obigem mangelt.

Die aus der Explosion der Mine entbundenen Gase kriechen, wie es die Erfahrung zeigte, anfangs am Boden, und nehmen nur nach und nach bei der Verdrängung der atmosphärischen Luft die ganze Höhe der Galerie ein. Die Ursache davon dürfte sein: weil nicht nur der aus dem Erdreich durch die Erschütterung und durch das Verbrennen desselben erzeugte Dampf, sondern auch mehrere der aus dem schnell verbrennenden Pulver in grösserer Quantität erzeugten Gase, und selbst das Gemenge dieser letztern Gase schwerer sind, wie die atmosphärische Luft; denn setzt man das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft = 1,000, so sind die specifischen Gewichte sowohl der einzelnen aus dem entzündeten Pulver entwickelten Gase, so wie das ganze Gemenge aus der hier folgenden Zusammenstellung ersichtlich.

Aus dem rasch verbrennenden Pulver in grösserer Menge erhaltene Gasarten.	Specifisches Gewicht	Menge	Product
			d e r G a s e .
Schwefelsaures Gas .	2,247	0,09	0,2022
Kohlensaures Gas. .	1,524	0,25	0,3810
Kohlenoxydgas . .	0,9727	0,25	0,2432
Stickgas	0,976	0,41	0,4001

Somit beträgt das specifische Gewicht von dem Gemenge der Pulvergase 1,2265, und dasselbe ist nahe um 23 Procent schwerer wie die atmosphärische Luft.

Daraus folgt, dass die schädlichen Gasarten, welche sowohl aus dem Pulver als aus dem Erdreich durch die Entzündung des erstern erzeugt werden, an der Sohle der Galerie sich mehr anhäufen, allda für das Athmen des Menschen auch mehr gefahrbringend sind; dass eine hohe Galerie nach der Explosion einer Mine weniger gefährlich zu betreten ist, wie eine niedrige Halbgalerie, und diese wieder weniger wie ein mit Minendampf gefüllter Brunnen und ein aus diesem getriebener Zweig es sein wird.

Endlich wird eine Galerie, welche von dem Eingange aus der freien Luft eine Steigung hat, sich vermöge des specifisch schwereren Pulvergases leichter und geschwinder von selbst von den schädlichen Gasarten reinigen wie eine horizontal geführte, und diese wieder schneller wie eine vom Eingange an fallende Galerie, was auch durch die Erfahrung bestätigt wurde.

§. 200.

Sr. kaiserliche Hoheit der Herr General - Genie - Director Erzherzog Johann, stets besorgt, sowohl für die Erweiterung der Minenwissenschaft als auch Mittel ausfindig zu machen, um das Leben und die Gesundheit der mit dem Minendampfe kämpfenden Mineurs möglichst wenig zu gefährden, beauftragten im Jahre 1829 den damaligen Ingenieur, Major Karl von Mártony, jene für Menschen unathembare Luft, welche durch den Pulverdampf nach der Sprengung einer Mine in der Vertheidigungsgalerie entsteht, durch Ventilation in der kürzesten Zeit zu entfernen, sie durch Reagentien athembar zu machen, und Mittel aufzufinden, durch welche man

von der lebensgefährlichen Luft umgeben, gefahrlos zu arbeiten im Stande wäre.“

Die über diese Gegenstände angestellten Versuche wurden in dem Zeitraum von zwei Jahren mit so viel Umsicht und Beharrlichkeit fortgesetzt, dass Resultate erzielt und Mittel an die Hand gegeben wurden, durch deren gehörige Anwendung die Minenkunst einen grossen Fortschritt bewirken und der Vertheidiger ein namhafteres Uebergewicht über den Angreifer erringen kann.

§. 201.

Der Zweck dieser Abhandlung erlaubt nicht in das ausgedehnte Detail der Versuche einzugehen, doch wird man suchen in möglichster Kürze das Nothwendigste hier anzuführen und verweist auf das in der angeführten Beziehung verfasste Manuscript des gedachten Ingenieurs, Major Karl von Mártony, wovon eine Copie im Mineur-Archiv liegt.

Die Mittel, um den Minendampf zu gewältigen, glaubte derselbe in der Anwendung von Reagentien, welche die gefährlichsten Bestandtheile neutralisiren und unschädlich machen, und in der Störung des Gleichgewichtes der Luft, wodurch ein Luftzug zur Abführung der Dämpfe bewirkt wird, zu finden.

§. 202.

Von den Reagentien wurde vor allen andern die Kalkmilch versucht, welche das einfachste und am leichtesten zu habende Mittel ist, und welche in einen mit Dampf erfüllten und abgeschlossenen Galerie-Raum eingespritzt wurde.

Allein dieser Versuch gab die Ueberzeugung, dass durch die Kalkmilch allein kein vollkommenes Resultat bewirkt werden konnte: der Dampf wurde zwar seiner Gefährlichkeit dergestalt beraubt, dass der Mensch in demselben wohl auszuhalten vermochte, allein er blieb so dicht wie vorher, so, dass man ein brennendes Licht in der Entfernung von ein paar Schritten nicht mehr sah. Ueberdiess wurde die Sohle der Galerie so durchnässt und schlüpfrig, dass ein förmlicher Morast entstand, der jede weitere Arbeit daselbst unmöglich machte.

Eine zweite kräftigere Art Reagentien zu obbenanntem Zwecke aufzufinden war glücklicher, und wurde in der Folge auch angewandt. Sie bestand dem Volumen nach in einem Gemenge von

14 bis 15 Theilen Wasser und 1 Theil Salmiakgeist, welche der Mineur entweder mit einer gewöhnlichen grossen Handspritze, oder aus einer kleinen Gartenspritze, in den abgeschlossenen Galerieraum, wo der Minendampf zusammengehalten wurde, spritzte. Dieses Gemenge benahm dem Dampfe seine Gefährlichkeit doch liess es denselben, ohne ihn niederzuschlagen oder zu vermindern, in dem abgeschlossenen Raume, woraus sich die Folge ergab, dass nebst dem Gebrauche dieses Gemenges noch eine Vorrichtung zur Absperrung des gefährlichen Dampfes und zur Abführung desselben aus diesem abgeschlossenen Raume nothwendig sei, welche am zweckmässigsten durch einen eigends dazu erbauten Ventilations-Ofen, einen abgeschlossenen Raum an der Verdämmung und denen dazu gehörigen anderweitigen Vorrichtungen erkannt wurde. Das Princip, um diese zweckmässige Ventilation zu bewirken, besteht in Folgendem:

§. 203. (Fig. 103 bis 106. Taf. VII.)

Der Ofen a Fig. 103, 104, 105 und 106 stark geheizt, dehnt die Luft sowohl in seinem innern, als auch in dem äussern zwischen dem Ofen a und dem Mantel b begränzten Raum p und in den Rauchschläuchen o aus, wird daher leichter und strömt aufwärts; die kältere oder schwerere Luft aus dem abgeschlossenen Raume R dringt durch die Saugröhren c nach und nimmt den von der erwärmten Luft verlassenen ein, erwärmt sich ebenfalls, steigt und wird wieder durch die kältere und schwerere Luft aus dem Raum R ersetzt, wodurch ein immerwährender Luftzug hervorgebracht wird. Dieser Luftzug könnte aber nicht bewerkstelligt werden, wenn der aus dem abgeschlossenen Raum R auszusaugende Dampf nicht wieder durch eine gleiche atmosphärische Luftmasse ersetzt würde. Zu diesem Ende ist Fig. 104 an der Abschluss-thüre eine Klappe n angebracht, wodurch letztere ungehindert einströmen kann, durch welche Vorrichtungen mithin der Minendampf aus dem abgeschlossenen Raum R ausgesaugt und durch respirable atmosphärische Luft ersetzt wird.

Es sind somit drei Hauptbestandtheile bei diesem Ventilations-Apparat näher zu beschreiben, nämlich Fig. 101, 102, 103 und 104.

Der Ventilations-Ofen a;
die Saugeröhre c, und
die Abschluss-thüre Fig. 104.

§. 204. (Fig. 103, 104, 105 und 106. Taf. VIII.)

Der Ventilations-Ofen a, Fig. 103, 104, 105 und 106, und seine Bestandtheile werden nur von starkem Eisenblech und wenigem Eisen gefertigt, weil die Erfahrung ihn von diesem Materiale als hinlänglich dauerhaft erprobt hat, und weil er sich schnell erwärmt, mithin die Ventilation in kurzer Zeit bewerkstelliget. Er erhält die dargestellte Form, und dürfte schwerlich grossen Abänderungen unterliegen, indem die Erfahrung dessen Zweckmässigkeit bei den mindesten Ausmassen erprobt hat.

Die Oeffnung f am Boden des Ofens rückwärts der stehenden Wand d erhält zur Ausmass das Quadratmass des innern Querschnittes der Saugröhre. Durch diese Oeffnung dringet der aus der Saugröhre c unter dem Ofen strömende Dampf in diesen und dann in den Rauchslauch i, o.

Die neben dieser Oeffnung f angebrachte Wand d verhindert, dass der Dampf bei seinem Eindringen das Feuer nicht nur nicht verlösche, sondern, dass er selbst durch die aufsteigende Flamme zum Theil noch zersetzt wird.

Der kleine Schubler e an dem Aschenbehälter dient dazu, dass während der Ventilation die zum Brennen nothwendige Luft dem Feuer auch aus dem Raum vor dem Ofen zugeführt werden kann.

Die Rauchschräuche o, o', sowohl jener i, o, welcher den Dampf aus dem Ofen, so wie jener k, o', welcher aus dem Mantelraum p abführt, müssen möglichst gerade und hoch geführt werden, weil dadurch ein besserer Luftzug erzielt wird. Der Querschnitt des grössern Rauchschräuches i o und der Ausmündung des Ofens in denselben sind gleich, müssen aber stets grösser sein als der Querschnitt der unter den Ofen ausmündenden Saugröhre c, damit nebst den beim Verbrennen des Holzes sich bildenden Produkten auch der zugeführte Dampf schnell abziehen könne. Der Querschnitt des kleinen Rauchschräuches k o' darf nur jenem der in den Mantelraum p ausmündenden Saugröhre c' gleich sein und die Einmündung in den Rauchslauch muss an dem höchsten Punkte k des Mantels angebracht werden. Um diese Rauchschräuche vor dem feindlichen Wurfgeschütze zu sichern, können sie 3 bis 4 Schuh unter dem Horizonte des bedeckten Weges an der Contrescarpe ausmünden.

Am zweckmässigsten dürfte bei einem Minensysteme die Aufstellung des Ventilationsofens, da er sein Ventilirungsgeschäft auf jede Entfernung ausübt, in der Contrescarpegalerie geschehen. Bei einer gewöhnlichen Contrescarpegalerie von 6 bis 7 Fuss Breite würde der Ofen nicht nur zu viel Raum einnehmen und die Communication beirren, sondern auch die Gefahr der Entzündung des Pulvers, welches allda vorbeigetragen wird, veranlassen. Um diese Umstände zu beseitigen, muss der Ofen durch eine kurze Galerie G umgangen werden. Uebrigens bestimmt auch die Localität den Aufstellungsplatz für den Ofen.

§. 205. (Fig. 103 bis 106. Taf. VIII.)

Die Saugröhren c, c' werden wo möglich am schicklichsten unter der Sohle der Galerie angebracht. Sie können in gemauerten Galerien gemauert oder von Holz, in Galerien mit Holzverbau aber nur von Holz hergestellt werden. Sie werden aus $\frac{5}{4}$ zölligen von innen rein gehobelten Brettern erzeugt, wie die Brandröhren ineinander geschoben, 4 bis 5 Zoll unter die Sohle der Galerie versenkt und mit Erde bedeckt, damit bei etwaigen Fugen und Oeffnungen nicht die Luftströmung unterbrochen und die Ventilation verzögert oder gehemmt wird.

Liegt es nicht in der Absicht, die Saugröhren unter die Sohle der Galerie zu versenken, so müssen um so fleissiger alle Fugen und Oeffnungen hermetisch verschlossen werden. Die Röhrenstücke werden in hölzernen Galerien nur 3' lang gemacht, weil sie sonst schwer unter die Gestelle zu schieben wären; in gemauerten Galerien können sie nach Bedarf so lang sein, als es die Wendungen in den Galerien erlauben. An der Einmündung des Dampfes bei q und r wird in die laufende Saugröhre ein verticales Stück oder Knie aufgesetzt, worin ein Schubler zum Oeffnen und Schliessen angebracht ist.

Die Hauptsaugröhren, das sind jene, worin andere einmünden, erhalten, wo es thunlich ist und nicht zu sehr beirrt, einen Querschnitt von 54 Quadrat-Zoll, 6" Höhe und 9" Breite, wenn sie unter die Sohle, und 9" Höhe und 6" Breite, wenn sie auf der Sohle an einer Wand laufen, weil in der letztern Lage sie in den Galerien weniger beirren.

Die Nebensaugröhren können in ihren Ausmassen dergestalt vermindert werden, dass die Summe ihrer Querschnitte dem Querschnitt der Hauptsaugröhre gleich ist.

Nach Umständen können auch die Hauptsaugröhren in ihrem Querschnitte vergrössert oder vermindert werden, je nachdem man eine schnellere oder langsamere Ventilation beabsichtigt; nur müssen im erstern Falle auch die Ausmassen des Ventilrohrs vergrössert oder wenigstens die Heizung des Ofens verstärkt werden.

§. 206. (Fig. 103. 107. Taf. VIII.)

Die Abschlussthür ist in ihren Ausmassen in Fig. 107 ersichtlich. Die kleine Thür *m* zum Oeffnen ist 2' 6" hoch und 1' 9" breit. Die Stelle, wo sie angebracht werden soll, ist von Umständen bedingt und die Stärke derselben richtet sich nach der Kraft, welche sie während der Explosion der Mine entgegenzustellen hat, um nicht zerschmettert oder in die Galerie gedrückt zu werden. Enthält der abgeschlossene Raum *R*, Fig. 103, welcher nach der Explosion gereinigt werden soll, bei 100 Kubikfuss, so wird der Thürstock aus $\frac{6}{8}$ zölligen Balken, die Thür und das Thürchen *m* aus zweizölligen Pfosten hergestellt und wo möglich verspreizt.

Die obere Klappe *n*, Fig. 107, muss wenigstens der Summe der Querschnitte gleich der Saugröhren sein, welche in den abgeschlossenen Raum zu führen für dienlich und möglich erachtet werden; gewöhnlich erhält sie die Breite von 1' 9" und die Höhe von 6"; sie muss gleich nach der Explosion geöffnet werden, damit die Ventilation vor sich gehen kann.

In den meisten Fällen, besonders wenn der abzusperrende Raum nicht über 800 bis 1000 Kubikfuss beträgt, oder wo der geringe Dampf der durch die Klappenöffnung in die Galerie dringt, nicht von Bedeutung sein kann, ist es sogar besser, diese Oeffnung gar nicht zu schliessen; denn nicht nur wird die Ventilation gleich nach der Explosion ungehindert beginnen können, sondern es wird auch der Stoss, der durch die Explosion und die entweichenden Dämpfe, so wie von der Zündwurst, ausgeübt wird, durch diese Oeffnung abgeleitet; so zwar dass, wie die Versuche zeigten, nur wenig Dampf bei dieser Vorkehrung in die Gale-

rie gedrungen, und die Abschlussthür, welche früher meistens beschädigt wurde, unverletzt geblieben ist.

Indem die schädlichen Dämpfe schwerer wie die atmosphärische Luft sind, so ist ihre Aussaugung an der Sohle der Galerie und jene des Ersatzes an atmosphärischer Luft nach oben zu am zweckmässigsten. Und da durch diese mittelst der Ventilation hervorgebrachte Luftströmung die Luft bei der Klappenöffnung immer in den abgeschlossenen Raum strömt, so wird auch der äussere Raum der Galerie, sollten je einige schädliche Dämpfe eingedrungen sein, eben dadurch bald gereinigt und mit respirabler Luft erfüllt sein.

Die Abschlussthür muss wohl und gut in die Mauer befestigt, alle Fugen vermieden, und selbst die kleine Thür *m* mit Hutfilz, des guten hermetischen Schlusses wegen, und um ihren Rand überzogen werden.

§. 207. (Fig. 103 bis 107. Taf. VIII.)

Soll eine Ventilation vorgenommen werden, so wird einige Zeit vorher der Ofen gut geheizt, wobei man anfangs die zum Verbrennen nöthige atmosphärische Luft durch das Einheizthürchen einströmen lassen kann. Um aber die auszusaugenden Dämpfe schnell durch respirable Luft zu ersetzen, ist es nicht hinlänglich die Klappen an der Abschlussthür offen zu lassen, oder gleich nach der Explosion zu öffnen, sondern es müssen auch alle andern Oeffnungen mit Ausnahme der Mündungen *q*, *r* der Saugröhren und des Schubers *e* geschlossen bleiben, um die Luftströmung ungehindert in Gang zu erhalten.

Nach diesem Vorgange wird ein abgeschlossener Luftraum von 1100 Kubikfuss mit einem Querschnitt der Saugeröhren von 54 Quadrat-Zoll nach der Erfahrung in 10 bis 15 Minuten ventiliert. Erhält aber eine Mine eine grössere Ladung wie eine gleichseitige von 12' W. L., so wird auch etwas mehr Zeit zur Ventilation erfordert, weil der Dampf durch die Verdämmung noch einige Zeit nachdringt.

Der also im voraus hergestellte Ventilations-Apparat dient nebstbei auch die Luft in der Galerie vor der Explosion der Mine zu reinigen, welche durch die Ausdünstungen und das Athmen der Menschen, oder auf eine andere Art verdorben wird. In diesem Falle ist keine Abschlussthüre

nothwendig, sondern man führt nur die Saugröhren so nahe, als es die Umstände erlauben, gegen die Stirne der Galerie, wo gewöhnlich die Luft am meisten verdorben ist. Durch das Aussaugen der schäd-

lichen Gasarten wird in Folge des herzustellenden Gleichgewichtes der Luftsäule eben so viel atmosphärische Luft eindringen als ausgesaugt wird, und der Raum in der Galerie athembar erhalten.

Der Rettungs - Apparat.

§. 208.

Nebst der Ventilation sind noch die Mittel anzugeben, durch welche man in Stand gesetzt wird, in lebensgefährlicher Luft gefahrlos arbeiten zu können.

Zur Erreichung dieses Endzweckes hat benannter Karl von Mártony die Anfertigung eines zweckmässigen und entsprechenden Apparats, auf folgende Gedanken gegründet, vorgeschlagen, welcher nach dessen unmittelbarer Angabe durch den Mechanikus Eduard Kraft in Wien hergestellt wurde.

1. Einen Menschen aus einem tragbaren Behältnisse athmen zu machen, welches, mit atmosphärischer Luft gefüllt, zwanzigmal mehr Luft enthält als sein Inhalt ohne Compression aufnimmt.
2. Einen Mann mit einer Maske zu versehen, welche in Verbindung mit diesem Luftbehälter gesetzt ist, und dieser Maske keine besondere Oeffnung für die ausgeathmete Luft zu geben, indem das vollkommen luftdichte Anschliessen derselben an den Körper damit bedingt wäre, sondern der ausgeathmeten Luft die nicht luftdicht anschliessenden Theile der Maske als Ausgang zu lassen und durch ihren Austritt daselbst das Eindringen tödtlicher Gasarten zu verhüten.

Dieser Apparat musste auch eine dergestaltete Form erhalten, damit er den damit ausgerüsteten Träger selbst im beengten Raum c in seiner Beweglichkeit nicht hemme, und wenigstens auf 10 Minuten die zum Athmen erforderliche Luft enthalten.

Man wird nur einen Auszug über diesen Rettungsapparat und seine Anwendung mittheilen, weil sowohl im k. k. Mineur-Archiv, als bei den Fortifications-Directionen die ausführliche Erklärung desselben hinterlegt ist, unter dem Titel:

„Beschreibung eines auf höchste Anordnung des durchlauchtigsten Herrn General-Genie-Directors Erzherzog Johann, kaiserl. Hoheit, im k. k. Geniecorps zu Stande gebrachten Rettungsapparates in irrespirabler Luft und der Art seiner Anwendung.“ Mit 9 Plänen. Gedruckt in Wien in der k. k. Hof- und Staats-Aerarial-Druckerei. 1833.

§. 209. (Fig. 108 bis 110. Taf. VIII.)

Die Hauptbestandtheile des Rettungs-Apparates sind:

Die Luft-Compressions-Pumpe.

Der tragbare Luftbehälter (*Gasometre portatif*); und
die Maske.

Die Luft-Compressions-Pumpe, Fig. 108, 109 und 110, ist einer gewöhnlichen auf vier Füßen ruhenden Luftpumpe ähnlich. Wenn letztere durch die Zurückziehung des Kolbens a aus dem Stiefel b und mittelst eines mit der Flasche A verbundenen Kanals c und den nöthigen Ventils d, d' die Luft aus derselben aussaugt, so wird im Gegentheil bei der Compressionspumpe durch die Einstossung des Kolbens a in den Stiefel die Luft in dem Luftbehälter A zusammengepresst und verdichtet. Daher die Ventile d und d' bei der Compressionspumpe sich einwärts öffnen und auswärts schliessen, so wie bei der gewöhnlichen Luftpumpe auswärts sich öffnen und einwärts schliessen müssen.

Auf diese Compressions-Pumpe wird der Luftbehälter A mit seiner metallenen an selben befestigten hohlen Schraubenmutter f, Fig. 110, aufgeschraubt und durch wiederholte Stösse des Kolbens a ungefähr bis 15 oder 20 Atmosphären verdichteter reiner atmosphärischer Luft angepumpt.

Diese luftdicht vernietete Flasche A ist von geschmiedetem 1 Linie Wiener Mass dicken Ei-

senblech gearbeitet und auf 60fachen Atmosphärendruck tormentirt. Sie hat die Form eines oben und unten halbkugelförmig geschlossenen Cylinders, und nach neuerer Construction 1' 4" Länge, 6" Durchmesser und 372 Kub. Zoll inneren Raum.

Um die Dichte der in der Flasche eingepumpten atmosphärischen Luft zu erkennen, ist eine mit dem innern Raum der Flasche in Verbindung stehende Mariotische Scala luftdicht eingeschraubt.

Die obere Oeffnung der Flasche wird, so wie die untere durch eine, mit einer Höhlung oder einem Kanal versehenen Metallschraube g verschraubt. Mit diesem Kanal, welcher von oben geschlossen ist, verbindet sich an der Seite eine luftdicht angeschweiste kupferne Röhre h, und von der andern Seite eine eisenblechene h' von derselben Form, welche aber nicht bis in den Kanal geführt ist. Erstere dient die comprimirte Luft in die Röhre, und von dieser nach Bedarf durch ein am Ende dieses Rostes h angebrachtes metallenes Gehäuse i Fig. 106 und 110 mittelst Oeffnung des Hahnes k die comprimirte Luft durch einen ledernen, inwendig mit einer spiralartig gewundenen Feder stets offen gehaltenen Schlauch unter die Maske in den Luftsack einzulassen.

Der andere eisenblechene Schlauch h' dient nur als Gegengewicht des kupfernen. Beide Röhren sind sowohl zur bessern Handhabung, als sie vor zufälliger Beschädigung mehr zu schützen, mit Bindfaden überwunden.

Ist die Flasche mit dem erforderlichen Luftquantum gefüllt, so schraubt man sie von der Pumpe ab, und schliesst die Oeffnung des Ventil-Kopfes durch die dazu gehörige Schraube. Um sie auf dem Rücken tragen zu können, wird sie in einen aus Riemen verfertigten Korb gesteckt, und wie Fig. 111 zeigt, nach Art der Tornister über die Schulter gehangen, und durch einen Brustriem, damit die Tragriemen nicht von der Schulter abrutschen, auf der Brust verschnallt.

Die Maske Fig. 111 besteht in einer aus 3 Theilen zusammengesetzten Kappe B, und einer Tasche oder dem Luftsack C von Ziegenleder. Die Kappe ist mit Leinwand gefüttert.

Der obere Theil der Kappe bedeckt von den Augenbrauen angefangen das Haupt bis an das Genick; die zwei Seitentheile bedecken die Schläfe, Ohren und Backen, und endigen sich in zwei 16" lange, 2" breite leinene Bänder.

Rückwärts ist an die drei Theile der Kappe ein Schirm genäht, welcher den Hals umschliesst.

Ein wattirter leinener Reif ist dergestalt mit seiner obern Hälfte in die Kappe genäht, dass, wenn man diese aufsetzt, derselbe oben über der Hirnschale an den Schläfen, Backenknochen und unter dem Kinn fest anschliesst.

Quer über die Stirne, zunächst den Augenbrauen, ist eine Wulst von Watta in die Kappe genäht, deren Enden sich an den Reif anschliessen, um die Kappe fest an den Kopf anschliessend zu machen.

An die untere Hälfte des Reifes und den vordern Ausschnitt der Kappe ist die aus zwei Theilen zusammengesetzte Tasche C mit ihrer Oeffnung genäht; sie hält 110 Kubikzoll im aufgeblasenem Zustande, und gestattet der comprimierten Luft sich früher auf eine Atmosphäre auszudehnen, bevor sie ausgeathmet wird.

In ihrem Vordertheil sind über den Augen Gläser zum Sehen luftdicht eingesetzt, und tiefer abwärts eine Klappe m von Messing gemacht, um durch Oeffnen derselben die atmosphärische äussere Luft zu athmen, bevor man jene aus dem Luftbehälter in Anspruch nimmt, mit welcher man haushalten muss; daher die Klappe m erst geschlossen, und der Hahn k erst geöffnet wird, bevor der Mineur in den mit schlechter Luft erfüllten Raum tritt.

An dem untern Theile der Tasche ist der lederne Schlauch l befestiget, dessen anderes Ende, mit der Flasche in Verbindung gebracht, die comprimirte Luft in die Tasche leitet, wenn der Hahn k geöffnet wird. An der äussern Seite des Reifes, wo derselbe unter dem Kinn anschliesst, und an dem Hintertheil der Tasche geheftet, ist eine lederne Spange angenäht; durch diese Spange werden die Bänder der Kappe gegeneinander durchgezogen, rückwärts über den Schirm gelegt, mit einer Schnalle versehen und nur so fest geschnallt, als man es bei einer Halsbinde gewohnt ist; die Kappe schliesst daher nicht luftdicht, um der ausgeathmeten comprimierten Luft den Ausgang zu belassen, welche zugleich verhindert, dass die schädlichen Gasarten daselbst eindringen.

Durch die Strömung der Luft aus der Flasche in die Tasche wird durch eine eigene Vorrichtung ein Pfiff hörbar, wodurch ein doppelter Zweck erreicht wird, nämlich: er gibt die Bürgschaft, dass die comprimirte athembare Luft der

Flasche entströmt, und zugleich die Weisung, den Hahn etwas mehr zu öffnen, wenn die Stärke des Pfeifentones nachlässt; doch darf der Hahn nicht zu weit geöffnet werden, indem alsdann die Pfeife sich überpfeift, schwach gehört, und zu viel Luft verschwendet wird.

§. 210. (Fig. 107 und 111. Taf. VIII.)

Um jede Gefahr bei der Anwendung des Rettungsapparates in einem mit gefährlichen Luftarten geschwängerten Raume von dem Betretenden abzuhalten, oder den darin bereits ohnmächtig gewordenen die nöthige Hülfe leisten zu können, sind, wenn es nicht bereits geschehen wäre, drei Luftbehälter, jeder mit 20 Atmosphären comprimierter Luft mit der Compressionspumpe anzufüllen, und sodann 1 oder 2 Mann mit dem Rettungsapparat zu bekleiden, über dessen zweckmässige Anlegung sowohl als über die Abhilfe des Mangelhaften jederzeit ein Mineur - Officier die genaueste Visitation, und wenn es nöthig, Abhilfe vorzunehmen hat. Hiebei wird also vorgegangen:

Man bestimmt nach den Umständen und dem Zweck 1 oder 2 Mann, welche mit Rettungsapparat angethan, sich in den mit verdorbener Luft gefüllten Raum zu begeben haben. Diesen hängt man die Flasche gleich einem Tornister um.

Nach geöffneter Klappe m Fig. 111 an der Tasche der Maske wird jedem die Maske aufgesetzt, und so fest als es der Mann ohne Beschwerde erleiden kann, um den Hals geschnallt; dann schraubt man den Luftschlauch auf das Messinggehäuse der Flasche, gibt jedem Mann ein Geleuchte, welches in verdorbener Luft nicht erlöscht, bindet ihm ober dem Handgelenke eine Glocke fest, um durch deren Klang sein Wohlbefinden zu bestätigen, und versieht ihn endlich mit demjenigen Geräthe, welches er zur Erfüllung seines Auftrages benöthiget.

Ein zweiter, und nach Umständen ein dritter Mann bleiben ausserhalb des verdorbenen Luft-

raumes, mit der Maske angethan, mit offener Klappe m, und geschlossenem Luftschlauch in Reserve, um bei eintretender Gefahr oder Nothwendigkeit bei der Hand zu sein.

Nach diesen Vorbereitungen ergreift der Mann, welcher die mit verdorbener Luft erfüllte Galerie, oder jeden dergleichen Raum zu betreten hat, den Hahn, und öffnet durch Umdrehung desselben die Luftgemeinschaft der Flasche mit der Tasche so viel, als zur Stimmung des Pfeifchens erforderlich ist; zu gleicher Zeit schliesst man die Klappe m, und lässt dem Mann in besagten Raum eintreten. Ist aber eine Galerie mit einer Abschluss-thür Fig. 107 vorhanden, so schliesst man diese Thüre alsogleich nach dem Eintritte desselben, und bemerkt die Zeit, in welcher die Entströmung der in der Flasche comprimierten Luft begann, damit man, wenn der eingetretene Mann nicht selbst genug vorsichtig wäre, um nach dem Tone der Pfeife das Abnehmen und endliche Ausbleiben der nöthigen Luft zu entnehmen, ihn nach Verlauf längstens einer halben Stunde zurückzurufen, oder durch die in Bereitschaft gehaltenen, mit dem Rettungsapparate versehenen Leute die etwaige nothwendige Hilfe zu leisten.

Aus mehrfachen Versuchen wurde entnommen, dass, wenn ein mit dem Apparat versehener Mann mit dem Hahn nur einigermaßen umzugehen wusste, er ohne die mindeste Beschwerde im Athmen 35 Minuten bis zu seinem Austritte aus dem Dampfe aushalten konnte. Da aber bei wirklich eintretender Gefahr die zur Rettung berufenen Personen bewegt oder beklommen sein können, auch bei angestrenzter Arbeit nicht so sehr mit der Luft haushalten dürften, so hat man als Minimum für die ungünstigsten Fälle angenommen, dass der Mann 15 bis 20 Minuten mit voller Sicherheit mit dem Luftvorrath der Flasche ausdauern könne.

Wie die Leute den luftverdorbenen Raum verlassen, öffnet man alsogleich, wenn die Pfeife keinen Ton mehr gibt, die Klappe am Luftsack und entkleidet sie von dem Apparate.

Sablaukow'scher Ventilations - Apparat.

§. 211. (Fig. 112, 113 und 114. Taf. VIII.)

Der Ventilateur von Sablaukow ist beinahe nach der von den französischen Genie - Officieren

unter dem Titel: „*Ventilateur à ailes tournant*“ gegebenen Beschreibung ausgeführt, wenigstens dem Principe nach, ganz derselbe, und beide, sowohl

der französische als der von Sablaukow, haben die gemeinsame Aehnlichkeit mit jener Maschine, welcher die Oekonomen zur Reinigung des Getreides sich bedienen.

Da mit dem Ventilateur von Sablaukow in der Festung Josephstadt günstige Versuche ausgeführt wurden, und Boutault dem französischen beschriebenen keine Zeichnung desselben beigefügt hat, so wird man nur von jenem des Sablaukow eine kurze Beschreibung mit der nöthigen Zeichnung geben, und verweist hinsichtlich der französischen Construction auf Boutault's „Cours de mines.“

Der Apparat nach Sablaukow besteht, Fig. 112, 113 und 114, aus einem hölzernen Kasten a von 2' 4" Länge, eben dieser Höhe und 9" Breite im äussern, und nach Abschlag der $1\frac{1}{2}$ " dicken Wände von 6" Breite im innern Lichte. Er dient zur Aufnahme der 4 Windflügel b von Eisenblech mit Rippen der Länge nach verstärkt, die an einem zur Achse d gehörenden viereckigen Eisenstück von $1\frac{1}{2}$ " Dicke befestigt sind. Die Achse ruht auf 2 metallenen Unterlagen e (Pfannen) und wird zur Verminderung der Reibung mit einer Vorrichtung e' bedeckt, durch welche das nöthige Oel durch ein daran angebrachtes Loch gegeben wird.

Die Windflügel b sind mit einer eisenblechenen Trommel b' von $11\frac{1}{2}$ " Halbmesser umgeben, haben $10\frac{1}{2}$ " Länge und $5\frac{1}{2}$ " Breite, mithin am Umfang 1" und an ihren Seiten 3" Spielraum an der innern Fläche der Trommel. Diese Trommel hat zwei runde Oeffnungen g in der Mitte der Seitenwände zur Gemeinschaft mit den Schläuchen f, die durch die Ansatzstücke f' gebildet werden und mit der eisenblechenen Röhre f' von 6" Durchmesser verbunden sind. Eine andere runde Oeffnung ist an dem Umfange der Trommel angebracht, die ebenfalls in eine 6" weite Röhre h mündet.

Ist dieser Ventilateur zum Gebrauche aufzu-

stellen, so wird der Kasten ausserhalb der Galerie auf dem Boden festgestellt, ein luftdichter Schlauch von gefirnisster Leinwand oder Segeltuch mit leichten hölzernen Reifen umspannt (damit er stets offen erhalten wird), an dem Kopfe der Röhre f' luftdicht angefügt und von da an mit dem bereits vorhandenen Luftschlauch in der Galerie ebenfalls luftdicht verbunden; oder aber, wenn dieser Luftschlauch mangelt, durch den verlängerten beweglichen Schlauch in dem mit verpesteter Luft angefüllt werdenden abgeschlossenen Raum entweder aufgehangen, oder nur auf dem Boden hingelegt; in Ermanglung des abgesperrten Raumes aber bis nahe an die Verdämmung geführt.

Soll nun die Ventilation vor sich gehen, so wird durch ein gewöhnliches grosses Rad von 3' Durchmesser und die Schnur ohne Ende i mittelst Umdrehung desselben das kleine mit der Achse der Windflügel verbundene Rad k in schnelle Bewegung gesetzt, durch welche schnelle Bewegung der Windflügel die Fliehkraft, die durch den Schlauch f und die Oeffnungen g eingesaugte verdorbene Luft in der Trommel durch die Röhre h ausgestossen und die Galerie mittelst der von aussen her nachdringenden atmosphärischen Luft wieder ohne Gefahr gangbar gemacht wird.

Dieser Sablaukow'sche Ventilateur ist unstreitig besser und von mehr Wirkung, als die im ersten Theil dieser Abhandlung angeführten Vorrichtungen, und dürfte auch von grossem Vortheil sein, wo die Umstände es nicht gestatten, den Mártony'schen Ventilations-Apparat anzuwenden.

Nach den Versuchen in der Festung Josephstadt im Jahre 1844 wurde der 80° entfernte hermetisch abgeschlossene und dicht mit Pulverdampf angefüllte Galerieraum und ein anderer 30° entfernter Raum in 20 Minuten von dem Pulverdampf gereinigt, so zwar, dass nach dieser Zeit die Galerie ohne Maske ungefährdet betreten werden konnte.

Beleuchtung einer mit lebensgefährlicher Luft erfüllten Galerie.

§. 212.

Nicht immer könnte eine Galerie zur Ventilation eingerichtet werden, oder die Ventilation kann durch was immer für eine Ursache ihre Dienste für eine Zeit lang versagen; demnach ist

es oft dringende Nothwendigkeit, gleich nach dem Auffliegen der Mine, mit dem Rettungsapparat angethan, sich in den lebensgefährlichen Luftraum der Galerie zu begeben; diess würde aber ohne Beleuchtung wenig Nutzen gewähren, und die ge-

stellte Aufgabe: „Mittel aufzufinden, durch welche man, mit lebensgefährlicher Luft umgeben, gefahrlos zu arbeiten im Stande ist,“ nicht vollkommen lösen, ohne ein Geleuchte, welches in diesem Raume nicht verlöscht und den Rettungsapparat erst vervollständigt.

Damit ein Licht brenne, bedarf es des Sauerstoffgases oder der atmosphärischen Luft, welche 21 Procent davon enthält.

Durch das in grösserer Menge entzündete Pulver wird in dem beengten Raume der Galerie das vorhandene Sauerstoffgas gänzlich absorbiert und in den andern schlechten Gasarten brennt keine Flamme; es kann daher in einem durch die Explosion der Mine verdorbenen Luftraum nur ein Geleuchte angewendet werden, welchem man entweder Sauerstoffgas oder reine atmosphärische Luft zuführt, und vor den Einwirkungen und Berührungen der schlechten Gasarten schützt und absperrt.

Zu diesem Zwecke wäre wohl die argandische Lampe am ersten herzurichten; allein, da bei einer oft nicht zu vermeidenden Neigung derselben die Flamme durch den zu starken Zufluss des Oeles ertränkt wird, so scheint diese Lampe für die besagten Galerien nicht wohl anwendbar zu sein.

Man ist daher auf Wachs- oder Stearinkerzen mit hohlem Dochte beschränkt, die, in einer gewöhnlichen gut schliessenden Minenlaterne von der äussern schlechten Luft abgesondert, die reine atmosphärische Luft entweder aus einer ohnehin beim Rettungsapparate vorhandenen Flasche, oder aus einem eigends zu diesem Zwecke angefertigten tragbaren Gasometer die comprimirt Luft erhält, und dessen Beschreibung hier folgt:

§. 213. (Fig. 115 und 109. Taf. VIII.)

Die Flasche A Fig. 115 ist von jener zum Rettungsapparate wenig verschieden, wird auf dieselbe Art gefüllt und behandelt, und besteht aus einem hohlen eisernen Cylinder, oben mit einer Halbkugel und unten mit einem geschweiften Bodenstück geschlossen, zum Aufstellen auf die Erde. Zu diesem Behufe kann auch eine gewöhnlich construirte Flasche nach Fig. 109 verwendet werden, wenn sie in einen hölzernen flachen Boden oder

in eine andere Vorrichtung eingepasst und daran befestiget wird.

Zur Füllung der Flasche A mit comprimirt Luft befindet sich oben bei a die Vorrichtung zum Anschrauben an die Compressionspumpe wie bei derjenigen zum Rettungsapparat.

Nahe gegen den Boden und etwas seitwärts der Laterne B ist eine Vorrichtung b, welche durch die Oeffnung des Hahnes die comprimirt Luft durch den zum Anschrauben an die Flasche und an die Laterne vorgerichteten Schlauch c in den hohlen untern Raum C einlässt. Dieser Schlauch kann ein oder mehrmal um die Flasche gewunden werden, damit die gepresste Luft nicht zu heftig eindringt.

Die Minenlaterne B ist an die Flasche A angehängt und zum Abnehmen eingerichtet. Der Raum C am Boden, in welchen die Luft aus der Flasche zuerst einströmt, hat in seinem obern Boden eine Oeffnung d für die Hülse des hohlen Dochtes der Kerze, und mehrere kleine Löcher e rund herum, welche die Luft in die Laterne selbst führen. Die Hülse für die Kerze ist zum Oeffnen eingerichtet und inwendig mit kurzen eisernen Stacheln versehen, welche beim Schliessen der Hülse in die Kerzen eindringen und das Ausstossen derselben verhindern, wenn zufällig der Hahn zu stark geöffnet würde. Die Abzugsöffnungen der überflüssigen in der Laterne angehäuften Luft sind unten am Vorsprung des Deckels nach abwärts gerichtet angebracht, damit die schwere schlechte Luft nicht von oben in die Laterne eindringe und das Licht verlösche, im Falle die in der Laterne befindliche nicht Spannkraft genug hätte, sie abzuhalten. Endlich sind an der Flasche noch die nöthigen Vorrichtungen zur Befestigung eines Tragriemens anzubringen.

§. 214.

Ein Wachslight bedarf zum Brennen in einer Stunde beinahe 1150 Kubikzoll Sauerstoffgas.

Der innere Raum der Flasche hält beinahe 350 Kubikzoll. Auf 20 Atmosphären comprimirt, werden in der Flasche 7000 Kubikzoll reine atmosphärische Luft enthalten sein, und da diese 21 Procent Sauerstoffgass enthält, so verhält sich:

$100 : 21 = 7000 : 1470$ Kubikzoll Sauerstoffgas, der in der Flasche enthalten ist.

Da nun in 1 Stunde nur 1150 Kubikzoll Sauerstoffgas zum Brennen einer Wachskerze nothwendig sind, so unterliegt die Flasche hinsichtlich ihrer Ausmass um so weniger einem Anstand, als die zum Gebrauche des Rettungsapparates erforderliche Zeit, in welcher der Mann in dem mit schäd-

lichen Luftarten angefüllten Raume auszuharren hat, auf höchstens 30 Minuten festgesetzt ist; daher man nöthigen Falls entweder der Flasche mindere Ausmassen geben könnte, oder sie nicht mit den vollen 20 Atmosphären der reinen Luft anzupumpen braucht.



II. A b t h e i l u n g.

Demolirungs - Minen.



Demolirungs- oder Schleifungs-Minen.

§. 215.

Die Demolirungs - Minen haben zum Zwecke: Erdwerke, freistehende und Verkleidungs-Mauern, Festungswerke, Casematten, Pulvermagazine, Galerien, Gebäude, Brücken, Strassen, Brunnen und andere Gegenstände auf die sicherste, schnellste, zweckmässigste und wohlfeilste Weise zu zerstören.

Die hinlängliche oder beschränkte Zeit, die mehr oder mindere Anzahl der Mineure und Arbeiter, die Mittel, über welche man gebieten kann, die Verschiedenheit der Lage und Verbindungen der zu demolirenden Gegenstände und die dabei

vorwaltenden Umstände haben aber einen so wesentlichen Einfluss auf die Anlage der Demolirungsminen, dass den oben angegebenen Bedingungen nicht immer in ihrer ganzen Ausdehnung entsprochen werden kann. Diese Umstände sind aber auch so mannigfaltig, dass man sich nur auf die in der Ausübung am gewöhnlichsten vorkommenden Fälle, auf Beispiele aus der Erfahrung und auf die daraus gezogenen Schlussfolgerungen und Regeln beschränken kann, und es demnach der umsichtigen Beurtheilung des dirigirenden Ingenieur- oder Mineur-Officers überlassen bleiben muss, diese Regeln den Umständen gemäss gehörig anzuwenden oder zu modificiren.

E r d w e r k e.

§. 216.

Erdwerke werden bei der nöthigen Arbeits-Mannschaft gewöhnlich geschwinder, leichter und weniger kostspielig mittelst Abhebung und Verführung der Erde demolirt, wie mit Pulver, zumal die Demolirung mittelst Pulver unregelmässige Erhöhungen und Vertiefungen zurücklässt, welche oft erst ausgeglichen werden müssen. Dennoch treten, besonders im Angesichte des Feindes, Fälle ein, wo Erdwerke nur mittelst Minen demolirt werden können, welche früher anzulegen man sich gezwungen sieht, um bei der eintretenden Nothwendigkeit sie aufliegen zu lassen.

Bei dergleichen Erdwerken errichtet man Galerien oder teuft Brunnen ab, aus welchen die Zweige zu den Oefen getrieben werden, die gewöhnlich gleichzeitig gezündet die verlangte Wirkung hervorzubringen haben.

Wie dabei vorzugehen sei, wird man durch ein Beispiel erläutern.

§. 217. (Fig. 116 und 117. Taf. IX.)

Es sei Fig. 116 eine vorgeschobene Lunette und Fig. 117 der Durchschnitt im grössern Massstabe hiezu, so wird die Anordnung der Oefen o dergestalt stattfinden müssen, dass sie, mit Ausnahme des Ofens o' auf der Plattform, die Brustwehre in ihrer ganzen Länge und Breite umfassen und in den Graben werfen, der hiermit gleichzeitig ausgefüllt wird.

Nimmt man die W. L. beinahe in der halben Grabenhöhe n zu 15', und legt die Oefen o auf 24' Entfernung voneinander an, so werden accollirte Minen erhalten, die 6' oder $\frac{2}{5}$ ihres Trichterhalbmessers ineinander greifen.

Bestimmt man nach den Regeln der Mechanik, Fig. 117, den Schwerpunkt k der Durchschnittsfläche der Brustwehre a, b, c, e, zieht durch diesen Punkt k die Senkrechte lm auf die Feuerlinie bc, trägt von l nach o die W. L. von 15', wodurch letzterer Punkt beinahe in die Horizontal-

Ebene der halben Grabentiefe zu liegen kommt, so ist o der Mittelpunkt des Ofens in der verticalen Ebene xy. Zieht man die Verticale ol' und trägt cl' nach dem entsprechenden Masstabe des Grundrisses, Fig. 116, von c nach l', in dieser Entfernung bei allen Façen und Flanken der Brustwehre die Gleichlaufende mit dem Kamme, und theilt die Oefen o von der Spitze A nach ihrer Entfernung von 24' ein, so ist die Lage der Oefen auch nach der horizontalen Ebene oder im Grundrisse bestimmt.

Zieht man ferner an der Seite der Kammer o auf die Entfernung der halben Galeriebreite und senkrecht auf dem Kamme der Brustwehre die Linie op, so bestimmt diese Linie bis an den Fuss der Banquetböschung + der halben Brunnenweite die Mitte der Anlagen der Zweige op und der Brunnen p, von deren Sohlen die Zweige zu den Kammern getrieben werden.

Die drei Kammern an der Spitze sind aus einem einzigen Brunnen p', dessen Entfernung hinsichtlich der gleichseitigen Zündung eben so, wie die Entfernung des Brunnens p'' derjenigen von dem Brunnen p bis in die Kammern o gleich sein müssen.

Ladung, Verdämmung und Zündung geschieht wie bekannt.

§. 218. (Fig. 117. Taf. IX.)

Besorgt man, dass im Angesicht des Feindes die zur Herstellung der Verdämmung nothwendige Zeit mangelt, und will bei der Ungewissheit, ob diese Demolirung auch stattfindet, die Pulverladungen nicht früher einführen als kurz vor dem entscheidenden Zeitpunkt und dem Aufliegen der Minen, so verfährt man bis zur Aufstellung des Pulverkastens wie vorher, bohrt sodann, Fig. 117, mittelst eines gewöhnlichen Erdbohrers ein Loch von d bis in die Kammer o, erweitert dasselbe nach Bedarf, um eine Brandröhre von Kupferblech von $\frac{3}{4}$ bis 1" Durchmesser, oder auch eine innen glatt gehobelte Leitröhre von Holz $1\frac{1}{2}$ " innerem Gevierte durchschieben zu können, welche in den gut befestigten Pulverkasten eingeschoben werden, füllt sodann die hohlen Räume um die Pulverkasten in den Kammern und um die Brand- und Leitröhren fest aus, verdämmt die Zweige und Brunnen und verschliesst und verwahrt die Brand- oder Leitröhren an ihren obern Mündungen d sorgfältigst, so kann man nach Oeffnung derselben mittelst eines Trichters die Pulverladungen einführen, ein Brandel einlegen, und die übrigen leeren Räume in den Kasten und in der Leitröhre mit Sand ausfüllen, oder auch mit Hinweglassung dieser Ausfüllung nach ein oder der andern bekannten Art die gleichzeitige Zündung aller Minen bewerkstelligen.

Freistehende Mauern und Thürme.

§. 219. (Fig. 118. Taf. IX.)

Alte Mauern, sie mögen freistehende oder Verkleidungsmauern sein, stürzen zusammen, wenn bei hinlänglicher Erschütterung ihr Fuss durch Minen durchschnitten und herausgeworfen wird.

Diesemnach werden die Demolirungs - Minen in der Regel nahe am Fuss der Mauern angelegt; und da sich die Ladungen durch die kürzesten Widerstandslinien bestimmen, diese aber senkrecht auf die Seitenflächen der Mauern sind, so erhellet daraus, dass, wenn die Mauerhöhe nur grösser wie die W. L. und beziehungsweise die normale Verdämmung ist, die Höhe und Schwere der Mauern nur in besondern Fällen zu berücksichtigen kommt.

Wenn aber die mehr oder mindere Höhe der Mauern auf die Demolirung, mit Ausnahme be-

sonderer Fälle, wenig oder gar keinen Einfluss hat, so ist die Art und Weise der Demolirung freistehender Mauern hinsichtlich ihrer Dicke verschieden.

Sind freistehende Mauern, Fig. 118, wie bei den Umfassungen alter Städte und Schlösser wenigstens 9 bis 12' dick, so bricht man nahe am Fusse, mindestens unter der Höhe von der halben Mauerdicke bis in die Mitte derselben ein, wendet sich sodann rechts und links in der Mittellinie der Mauer und legt an den gehörigen Orten die Oefen an, welche gleichzeitig gezündet die Mauern einstürzen.

Wäre z.B. Fig. 118 eine alte 12' dicke Mauer A, B, mit einer Flanke B, C zu demoliren, deren Festigkeit eine Pulverladung von 30 Pfd. alt französisches Gewicht auf die Kubikklafter erfordert, so wird vorgegangen, wie folgt:

Halbirt man die Dicke der Mauer nach den Linien ab und cd, so wird der Durchschnittspunkt 1 die Anlage der ersten Kammer sein, von welchem aus die andern bestimmt werden. Da die Trichter der Oefen 1 bis 6 sich berühren sollen, so trägt man von 1 nach beiden Seiten die doppelte W. L. = 12' nacheinander auf, welche Punkte die Lage der Oefen bestimmen. Die Entfernung von je zwei dieser Kammern halbirt, gibt die Einbrüche g der Zweige, welche in der Mitte der Mauerdicke mittelst Wendungen rechts und links von 6' Länge geführt, die Kammern der Oefen bestimmen.

Sind Mineure in hinlänglicher Zahl vorhanden, so kann man zur Gewinnung an Zeit zu jedem Ofen, wie bei 4 und 5 einen eigenen Zweig h einbrechen, an dessen Seiten die Kammern anzulegen sind. Jedoch ist die Wirkung dieser einfachen Minen nicht so verlässlich wie jene der Kreuzminen.

§. 220. (Fig. 118. Taf. IX.)

Um die gehörigen Pulverladungen zu bestimmen, welche in der Mitte der freistehenden Mauern angelegt werden, und die anverlangten Wirkungen erzeugen sollen, sind im Vorhinein noch einige Erörterungen nothwendig.

Die Erfahrung lehrt, dass wenn die einfache Ladung, welche in der Mitte einer dicken Mauer nach der W. L. = der halben Mauerdicke gegeben wurde, diese Ladung jederzeit zu schwach ausfiel, und dass, um das gehörige Resultat zu erlangen, die Ladung bedeutend vermehrt werden müsse. Die Ursache davon scheint aus nachfolgenden Betrachtungen sich erklären zu lassen.

Das entzündete Pulver als Elastisch-Flüssiges wirkt im ersten Augenblicke der Entzündung nach allen Seiten rund herum gleich, mithin nicht nur nach ein oder zwei, sondern nach unendlich vielen Widerstandslinien. Vermöge der Elasticität bleibt aber die Wirkung in einem eingeschlossenen Raume nicht auf den ersten Stoss beschränkt, sondern es muss auch eine, nach der unter gleichen Winkeln rückgeworfene Gegenwirkung dieses Elastisch-Flüssigen stattfinden, wenn diese Pulverkräfte ob des rund herum zu grossen Widerstandes sich nicht in sich selbst aufheben. Findet das Elastisch-Flüssige des entzündeten Pulvers auf einer Seite weniger Widerstand, den es gewältigen kann, so wird nicht nur der Stoss der Erstwirkung, sondern auch je-

ner von der entgegengesetzten Seite, nebst den nach den Regeln der Zerlegung der Kräfte von den andern Seiten rückwirkend sich nach dem schwächsten Widerstand vereinen. Wirkt nun das elastische Pulvergas nach 2 gerade entgegengesetzten Seiten und gleichen Widerstandslinien gleich, so ist klar, dass die Wirkung nach beiden Seiten gleich sein muss; allein da die Kraft des elastischen Rückstosses von der gerade entgegengesetzten Seite nicht mehr stattfindet, so können auch die als Norm für die Pulverladungen nach einer W. L. aufgefundenen Ladungen nicht mehr als Norm für die Pulverladungen von zwei gleichen und gerade entgegengesetzten Widerstandslinien dienen, wenn nicht zugleich auf Ersatz der verloren gegangenen elastischen Rückwirkung mittelst vermehrter Pulverladung der gehörige Bedacht genommen wird.

Nach Vergleich mehrfältiger Versuche und Angaben der vorzüglicheren Schriftsteller, so wie nach der Theorie: „dass zwar der gerade und grösste elastische Rückstoss von der entgegengesetzten Seite nicht, — wohl aber andere elastischen Seitenkräfte in ihrer Zerlegung zur Secundarwirkung und dem Ausbruch der Mine beitragen,“ dürfte folgende Regel aufgestellt werden:

Die Pulverladungen bei Demolirungen gerader und dicker Mauern, deren Oefen in der Mitte derselben angelegt werden, mithin gleiche, und einander gerade entgegengesetzte Widerstandslinien haben, müssen mindestens um die Hälfte, und höchstens um zwei Drittel der Pulverladung, welche der einfachen gleichen W. L. zukommt, vermehrt werden.

Es werden sonach die Pulverladungen bei Fig. 118 also zu bestimmen sein:

Die W. L. der Oefen 2 bis 6 ist 6', und die Ladung auf die Kubikklafter 30 Pfd., daher

$$L = \frac{11}{216} W. L. P = \frac{11 \times 216 \times 30}{6 \times 216} = 55 \text{ Pfd.},$$

und die vermehrte Ladung

$L' = 55 + \frac{55}{2} = 82\frac{1}{2}$ Pf. Pulver, alt-franz. oder $72\frac{3}{16}$ Pfd. Wiener Gewicht. Vermehrt man die Ladung um $\frac{2}{3}$ der einfachen, so erhält man 96,2 Pfd. franz. oder 80,7 Pfd. Wiener Gewicht.

Der Ofen Nr. 1 hat nicht nur nach den W. L. 16 und 10 zu wirken, sondern auch gegen den eingehenden Winkel bei e, welche eingehende Winkel, der Theorie und Erfahrung, der Pulverladung jederzeit mehr Widerstand entgegensetzen. Um daher die gänzliche Zerstörung der Mauer an diesem Winkel e zu bewirken, nimmt man die Pulverladung zu einer W. L. an, welche die mittlere arithmetisch Proportionirte zwischen der kürzesten W. L. 1, b und der halben Diagonale 1 E ist. Daher also $\frac{6+8,5}{2} = 7,25 = W$, und nach Obigen $L' = L + \frac{L}{2} = 97 + \frac{97}{2} = 145\frac{1}{2}$ Pfund altfranz. oder $127\frac{5}{16}$ Pf. Wienergewicht.

§. 221. (Fig. 119. Taf. IX.)

Runde, oben offene Thürme mit einer Mauerdicke von wenigstens 9 bis 12', und einem grossen innern Durchmesser, wurden früherer Zeit wie die freistehenden Mauern demolirt, indem man die Oefen in dem mittleren Umfange der Mauerdicke anlegte, und nach Vauban beinahe die doppelte Ladung, welche die W. L. der halben Mauerdicke erforderte, gab, weil die Erfahrung lehrte, dass eine geringere Pulvermenge die verlangte Wirkung nicht hervorbrachte.

Werden Fig. 119 bei einem dergleichen Thurme die Oefen 1, 2 mittelst des Einbruchs bei c, dem Zweig c d, und den im mittleren Umfang liegenden Wendungen d 1 und d 2 angelegt, so leistet die gewölbartige Mauer einwärts gegen a, a' einen grössern Widerstand, wie die gegen auswärts nach 6 6' liegende Mauer. Die Erfahrung bestätigt diess.

Bei der Demolirung von Hüningen im Jahre 1815 wurden an der Rheinfronte die Orillons der beiden Bastionen, welche dieselben Ladungen hinsichtlich ihrer Mauerdicken wie die Courtine erhielten, in Bresche gelegt, während die Courtine selbst nur theilweise hinausgeschoben und wenig zerstört wurde; und eine vermehrte aber nicht hinlänglich vermehrte Ladung legte die von Vauban erbauten rückgezogenen und einwärts gebogenen Flanken nicht in Bresche, welche ungebrochen stehen blieben. Daher müssen, um bei der Demolirung runder Thürme gleiche Widerstandskräfte, und die Wirkung des entzündeten Pulvers nach aussen und

nach innen möglichst gleich zu erhalten, die Kammern, wie jene von 3 bis 8 einwärts der Mittellinie der Mauerdicke oder näher an die innere Seite der Mauerfläche gelegt werden.

Es fragt sich nun, wie man den Unterschied der zwei Widerstandslinien 5 e und 5 f., oder die eine grössere 5 e auffindet, um die gleichmässige Wirkung nach aussen und nach innen zu erhalten.

Dazu dürfte, bis nicht bessere Theorien oder Erfahrungen aufgefunden und gemacht werden, die Angabe Vauban's als auf Erfahrung gegründet, zum Anhaltspunkte dienen.

Indem man eine beinahe doppelt so starke Ladung bedarf, um die freistehenden runden Mauern eines Thurmes zu demoliren, so wird diejenige die äussere oder grössere W. L. sein, welche zu einer beinahe doppelten Ladung gehört.

Nennt man die einfache Ladung = L, so wird die beinahe doppelte = $1\frac{5}{6} L$. Nun verhält sich:

$$L : \frac{11}{6} L = W^3 : w^3$$

$$w = W \sqrt[3]{\frac{11}{6}} = \frac{2,22}{1,82} W = \frac{11}{9} W \text{ beinahe, was in der Ausführung angenommen werden kann.}$$

Daher sind die Oefen bei runden, oben offenen Thürmen auf $\frac{11}{9}$ der halben Mauerdicke von der äussern Mauerfläche anzulegen, und ihre Ladungen nach der hierdurch über die halbe Mauerdicke vergrösserten W. L. zu berechnen.

Es sei z. B. Fig. 119 die Mauerdicke ef = 12', so wird $w = \frac{66'}{9} = 7' 333$ oder 7' 4" sein.

Ist P wie vorher = 30 Pfd., so wird die Ladung hiezu:

$$L' = \frac{11 \times 7,33 \times 30}{6 \times 216} = 100 \frac{59}{100} \text{ oder in ganzer}$$

Zahl = 101 Pfd. Pulver.

Die einfache Ladung ist 55 Pfd., die doppelte 110 Pfd., und bei der berechneten Pulverladung fehlen noch 9 Pfd. zur doppelten Ladung. Nachdem jedoch bei einer gegebenen Mauerdicke D das Verhältniss der äussern W. L. w zur innern W. L. $w' = D - w$, je nachdem der Halbmesser r der innern Lichte des Thurmes kleiner oder grösser wird, sich ändert, so kann für die Ausführung das Verhältniss:

$$r + D : r = w : D - w \text{ angenommen werden, aus welchem } w = \frac{D}{2} + \frac{D^2}{2(2r + D)} \text{ folgt.}$$

Daher, je kleiner der Halbmesser r des Thurmes, je grösser wird die äussere W. L. w und umgekehrt.

Wenn z. B. die Mauerdicke $D = 12'$ und die obige Berechnung für einen Halbmesser $r = 18'$ zu gelten habe, so wird bei der Mauerdicke von $12'$ und dem Halbmesser $r' = 12'$ sich ergeben:

$$w' = 6' + \frac{144}{2(24 \times 12)} = 8',$$

und da $P = 30$ Pfd., so wird:

$L'' = 130$ Pfd. franz. oder $113,75$ Pfd. Wiener-Gewicht betragen.

§. 222. (Fig. 120. Taf. IX.)

Wenn Fig. 120 der innere Durchmesser des Thurmes nicht über $15'$ beträgt, die Mauern nicht die erforderliche Dicke haben, um mit Vortheil Kammern mittelst Zweigen, wie im Durchschnitt ersichtlich, anzulegen, und der Grund unter der Sohle desselben es erlaubt, so senkt man einen Brunnen a dergestalt ab, dass der Mittelpunkt der Kammer o in der Mitte des Thurmes und an der einen Seite des Brunnens zu liegen kommt, verdammt den Brunnen, bedeckt die Sohle des Thurmes mit übereinander liegenden sich kreuzenden Bohlen oder schwachem Gehölze von 4 bis 6 Zoll Gevierte, indem man es in der Mauer einlässt, oder an derselben verkeilt; legt ferner wie die Fig. 120 zeigt vier Balken b, c , von starkem Gevierte in der Mitte in's Kreuz neben und übereinander, indem man sie in die Mauer auf 9 bis 12 Zoll einfügt, und verspreizt sie mit Streben d , die ebenfalls in die Mauer eingreifen, so wird die gehörige Ladung, nach der kürzesten W. L. $o m$ einer gleichseitigen Mine berechnet, ihre Wirkung nicht verfehlen.

§. 223. (Fig. 121. Taf. IX.)

Sitzt Fig. 121 der Thurm auf Felsen auf, oder ist unter der Sohle Wasser vorhanden, welches nicht zu gewältigen ist, so werden die Kammern o in die innere Mauerfläche dergestalt eingearbeitet, dass sie gegenseitig mit starken Balken a, b , verspreizt werden können, wornach man den innern Raum des Thurmes gehörig verdammt oder ausfüllt. Hat man kein starkes Verspreizholz a, b zu Händen, so können Ziegeln, auf eine angemessene Breite und Höhe trocken mit Ausfüllung

ihrer Fugen durch Sand oder Erde aufgemauert, zur Noth dieses Gehölz ersetzen.

Oft ist es hinlänglich den Pulverkasten in der Mitte auf die Sohle des Thurmes, oder wenn Wasser in demselben ist, aufgekreuzte Balken über die Oberfläche desselben zu legen, wenn man nebst der sorgfältigen Verschliessung und Verrammung aller Oeffnungen die Ausfüllung oder Verspreizung im Innern des Thurmes dergestalt bewirken kann, dass die kürzeste und schwächste W. L. jene ist, welche vom Mittelpunkt des Pulverkastens an die äussere Mauer gezogen wird; nach welcher W. L. auch die Berechnung der Pulverladung nach der einfachen Ladung einer gleichseitigen Mine geschieht, indem wie §. 220 bemerkt wurde, die Erfahrung an Händen gibt, dass runde Mauern nach aussen selbst noch leichter eingestürzt werden, wie gerade Mauern.

§. 224.

Hängen Thürme mit geraden Mauern zusammen, und letztere sollen nicht mitgesprengt werden, so legt man entweder in der Mitte der Linie, welche an ihrem Zusammenhange die aus- und eingehenden Winkel verbindet, eine, oder nahe an diesen Winkeln zwei Kammern an, ladet sie nach den bereits dargestellten Grundsätzen, und zündet sie gleichzeitig mit demselben Feuer des Thurmes.

§. 225.

Vier- oder mehreckige Thürme zu demoliren, geschieht nach den nämlichen Grundsätzen, wie sie bereits bei den geraden Mauern mit Flanken angeführt wurden, indem man die Kammern in die Diagonalen und in den Halbirungslinien der Mauerdicken anlegt.

Sind runde oder viereckige Thürme in ein oder mehrere Stockwerke mittelst Gewölbe, oder durch Holzböden untertheilt, so wird die Pulverladung gewöhnlich im Keller, oder dem untersten Stockwerke angebracht, und dieses, und wenn es nöthig, auch noch das folgende Stockwerk gehörig verdammt, wobei es vortheilhaft ist, und oft nothwendig wird, die Pulverkammer, wenn man sie in der Mitte des Thurmes anlegt, an die Ecken und Winkeln, welche die innere Thurmfäche mit der Decke bilden, oder am Gewölbe selbst, zu verspreizen. Wie und auf welche Art diese Thürme mittelst hohl gelassener Räume, und selbst ohne

Verdämmung demolirt werden, wird man an seinem Orte aus der Art, wie die Verkleidungsmauern ohne Verdämmung demolirt werden, entnehmen und anwenden können.

§. 226. (Fig. 122. Taf. IX.)

Haben freistehende Mauern nicht die erforderliche Dicke, dass die Pulverladung noch eine hinlängliche W. L. findet, um zugleich die nöthige Seitenwirkung nach der Länge der Mauer erwarten zu können, so teuft man Fig. 122, da die Trennungssphäre der gleichseitigen Minen sich bis auf $w\sqrt{2}$ erstreckt, Brunnen a auf die Entfernung von $2w\sqrt{2}$ der kürzesten W. L. o n an einer der äussern Seiten der Fundamentmauer bis unter die Sohle des Fundamentes ab, und legt mittels Zweige b unter die Mitte desselben die Kammern o an, welche mit Belassung des leeren Raumes über dem Pulverkasten gehörig verdämmt und gleichzeitig gezündet werden. Die Pulverladung ist zwar nach der kürzesten W. L. o n einer gleichseitigen Mine zu berechnen; allein da offenbar hier einer der Fälle eintritt, wo die Höhe der über der Kammer o befindlichen Mauer m durch ihre Last einen grössern Widerstand leistet, so muss diese Ladung nach den Umständen und nach der Höhe der Mauer vermehrt werden; und nachdem die Oefen o nicht nur nach den zwei gleichen W. L. o n und o n' zu wirken, sondern auch die Mauer m zu heben, oder mindestens zu erschüttern haben, so dürfte die $1\frac{1}{2}$ fache Ladung nicht überflüssig sein.

Eine grössere Wirkung kann man sich versprechen, wenn Zeit und Umstände es gestatten, die Kammern, wie bei 3 und 4 in einem Schlund c auf 3' bis 5' Länge in eine Wendung zu legen, und diesen auf $3\frac{1}{2}$ mal des körperlichen Inhalts der Pulverladung unverdämmt zu lassen. Selbst ein verhältnissmässig grösserer leerer Raum wird um so bessere Dienste leisten, wenn es mehr darauf ankommt, die Mauer durch Erschütterung einzustürzen, als sie in die Luft zu werfen.

§. 227. (Fig. 123. Taf. IX.)

Sind die Fundamente zu tief oder andere Ursachen vorhanden, welche den angezeigten Vorgang nicht gestatten, so bricht man Fig. 123 Oeffnungen a, die späterhin wieder verdämmt werden, durch die ganze Mauerdicke, und aus den-

selben Bohrlöcher nach der Länge der Mauer, wobei ganz wie beim Steinsprengen vorgegangen wird. Um jedoch Zeit zu gewinnen, und nicht erst das zweite Bohrloch nach der Beendigung des ersten anfangen zu können, werden die Oeffnungen a um das Nöthige erweitert, und zwei Mineure bei b und b' gleichzeitig angesetzt, welche, damit sie sich nicht wechselseitig beirren, den Bohrlöchern b c und b' c' eine etwas schiefe Richtung geben, so zwar: dass sie erst mit ihren Enden c und c' in die Mitte der Mauerdicke gelangen.

Bohrlöcher, welche nach df, und d'f' von aussen senkrecht auf die Mauerfläche bis etwas über die Halbscheide der Mauerdicke geführt, geladen, verdämmt und gleichzeitig gezündet werden, leisten bei einem festen Mauerwerke selten entsprechende Dienste, blasen leicht aus, oder schlagen nur ein Loch in die Mauer, ohne sie einzustürzen.

§. 228.

Freistehende Mauern unter 3' Dicke (denn eine grössere Dicke würde einen unverhältnissmässigen Pulveraufwand benöthigen) können auch ohne Verdämmung mit Pulverfässern oder Kästen, welche man am Fusse der Mauer aufstellt, oder auch durch Pulversäcke an derselben bis 6' hoch aufgehangen, und gleichzeitig gezündet, ebenfalls eingestürzt oder zerstört werden.

Die Angaben über die erforderlichen Pulvermengen, welche nothwendig sind, dergleichen Mauern einzustürzen, weichen jedoch sehr von einander ab, und sind nur mit grosser Behutsamkeit zu benützen; daher man zur Richtschnur in ähnlichen Fällen die in neuerer Zeit bei der Demolirung von Alessandrien in Piemont durch die österreichischen k. k. Ingenieur- und Mineur-Officiere mit grossem Fleisse und Genauigkeit ausgeführten Versuche, sowohl hier als auch späterhin anführen wird *).

Am 4. und 7. September 1815 wurden sieben Versuche bewerkstelliget, wovon man drei Kästen mit 60 gradigem Pulver und Ladungen von 100 Pf., 150 Pfd. und 250 Pfd. altfranzös. Gewichte, hart am Fusse crenelirter Mauern von 2' Dicke und 10' Höhe, in der Mitte zwischen den 8' von einander entfernten Creneaux aufstellte, und jede Ladung einzeln zündete.

*) Die Beschreibung dieser Versuche ist im k. k. Genie-Haupt-Archiv hinterlegt.

Ebenfalls wurden vier Versuche auf dieselbe Art vollführt, wobei man aber das Pulver in dem einen Kasten zu 100 Pfd. auf 6', dann die übrigen drei Ladungen von 150 Pf., 200 Pf. und 250 Pfd. Pulver auf 3' Entfernung vom Fusse der Mauer aufstellte.

Von den sieben Versuchen hat nur der dritte mit der Pulverladung von 250 Pfd., hart an den Fuss der Mauer gestellt, ein genügendes Resultat geliefert, indem mit grosser Heftigkeit eine Oeffnung von 6' Höhe und 8' Länge (der Entfernung von zwei Creneaux) durchgeschlagen und die übrigen 4' Höhe dieser Mauer stark erschüttert wurden, welche sich aber dennoch in Gestalt eines Thorbogens erhielt.

Man gibt hier dem ganzen Wortlaute nach die daraus gezogenen Schlussfolgerungen:

„Aus diesen Versuchen erhellt:“

- 1) „Dass man wenigstens 250 Pfd. Pulver an den Fuss einer 2' dicken 10' hohen crenelirten Ziegelmauer legen müsse, um grosse Oeffnungen in derselben zu bewirken.“
 - 2) „Dass die Wirkung der nämlichen Pulvermenge gegen die Mauer bedeutend abnimmt, wenn die Pulvermenge nicht am Fusse der Mauer liegt, und immer schwächer wird, je grösser ihre Entfernungen von einander sind dass daher:“
 - 3) „Wenn in unverdämmten Brunnen oder Zweigen zu sprengen ist, der Pulverkasten auf der Seite des auszuwerfenden Trichters eine grössere Wirkung hervorbringen wird, als wenn derselbe auf der entgegengesetzten Seite des Brunnens oder des Zweiges angebracht ist.“
- „Da gemachte Erfahrungen angeben, dass freistehende Mauern bis 3' Dicke (ihre Höhe ist

nicht erwähnt) durch eine Reihe Pulverfässer von einem Zentner eingestürzt wurden, so lässt sich im Vergleich der hier gemachten Versuche ein solcher Erfolg nur dadurch erklären, dass mehrere zugleich spielende Oefen immer einen grössern Wirbel hervorbringen wie einzelne.“

„Vollkommen widerlegen hingegen diese Versuche die Angabe, dass ein Zentner Pulver, an den Fuss der Mauer gelegt, bis 3' dicke Mauern einstürzt.“

Bei diesen Versuchen ist nur zu bedauern, dass sie nicht weiter fortgesetzt wurden, namentlich, dass nicht mehrere Pulverkästen hart am Fusse der Mauer und in verschiedenen Entfernungen und mindern Ladungen wie 250 Pfund Pulver für jeden aufgestellt und gleichzeitig gezündet wurden. Es dürfte mit Recht nach anderweitigen frühern Erfahrungen anzunehmen sein, dass die vereinte Kraft mehrerer, wenn auch jeder für sich verhältnissmässig geringeren Pulvermengen hinlänglich gewesen wäre, diese 2' dicke, 10' hohe crenelirte Mauer ohne Belassung eines Bogens einzustürzen. Gewiss haben nur überwiegende Ursachen, z. B. der namhafte Pulverbedarf, welchen derlei Versuche erfordert hätten, die Fortsetzung derselben verhindert.

§. 229.

Endlich können nach Zeit und Umständen dünne Mauern mittelst eines Mauerbrechers, welcher leicht herzurichten ist, und an einen schon vorhandenen, oder ohne viele Umstände zusammengestellten Dreifuss aufgehangen wird, mit Beobachtung der nöthigen Vorsicht durch wiederholte Stösse eingestürzt werden.

Verkleidungs - Mauern mit voller Erdanschüttung rückwärts.

§. 230.

Die Verkleidungs - Mauern mit voller Erdanschüttung rückwärts, ohne hohle Räume und Galerien, werden in Bresche gelegt, entweder mittelst Einbrüche von aussen am Fusse der Mauer, oder durch Abteufung von Brunnen im Innern des Platzes. Ersteres Verfahren kann jederzeit, auch im Angesicht des Feindes bei den gehörigen Vor-

Massregeln stattfinden, letzteres aber, wie natürlich nur dann, wenn man im Besitze des Platzes ist.

§. 231. (Fig. 124 Taf. IX.)

Wäre, Fig. 124, eine Verkleidungsmauer A, B ohne Strebepfeiler von aussen mittelst Einbrüche in Bresche zu legen, und die Dicke derselben ist bekannt oder abzuschätzen, so werden

die Einbrüche a, a' auf die Entfernung der vierfachen Mauerdicke und ihren Sohlen $1'$ bis $1' 6''$ Höhe über die Grabensohle oder an dem Fusse der Mauer angelegt, wenn noch ein Theil des Fundamentes mitgesprengt werden soll, und verhältnissmässig höher, wenn der Einsturz der Mauer nur allein beabsichtigt wird. Diese Einbrüche erhalten $3'$ bis $3' 6''$ zur Höhe und $2'$ bis $2' 6''$ zur Breite, und gehen durch die ganze Mauer, an deren rückwärtiger Fläche mittelst Rechts- und Links-Wendungen von $3'$ Höhe und $2'$ Breite, allwo die Kammern d, c und d', c' dergestalt angelegt werden, dass ihre Mittelpunkte in dieser Mauerfläche liegen, und ihre Entfernungen von einander der doppelten W. L. $c f$ gleich sind, wodurch man gleichseitige Minen $h d a, a c g$, u. s. f. erhält, wenn sie nach den bereits gegebenen Regeln geladen, verdammt und gleichzeitig gezündet werden. Sind die Gräben mit Wasser gefüllt, so werden die Einbrüche in die Verkleidungsmauer von aussen eben so über die Oberfläche des Wassers, wie über die Grabensohle bei einem trockenen Graben gehalten.

Nicht minder kann zu gleicher Zeit zu jedem Ofen ein eigener Zweig eingebrochen werden, wodurch die Zeit für die Wendungen erspart wird.

§. 232. (Fig. 124. Taf. IX.)

Ist eine Verkleidungsmauer mit einem ausspringenden Winkel B, A, C zu demoliren, so zieht man aus dem Scheitel des innern Mauerwinkels o die kürzeste W. L. $o m$ und $o m'$, macht $m n$ ~~u. s. f.~~ $m' n$ u. s. f. $= o m$, und führt die Eintheilung der Zweige und Oefen, wie die Fig. 124 zeigt, von dem Punkte c angefangen wie vorher, mit der Bemerkung, dass der Ofen o , ungeachtet er nur nach der kürzesten W. L. $m o$ und $m' o$, und nach einem ausspringenden leichter einzustürzenden Winkel zu wirken hat, hinsichtlich des grössern Explosionskörpers $A n o'' o o' h$ nach der grössern Diagonal W. L. $o A$ einer gleichseitigen Mine zu berechnen kommt.

Eben so sind die Kammern q im eingehenden Winkel A, B, D und die Kammern r , u. s. f. der Verkleidungsmauer $B D$ mittelst eines Zweiges $B s$ und zweier Wendungen $s q$ und $s r = B s$ anzulegen, und die Feuerführung dergestalt einzurichten, dass die Zündung des Ofens q um einen kleinen Zeittheil später wie jener c', r u. s. f. geschieht,

damit durch die Erschütterung, welche die zwei nebenliegenden Oefen c' und r an dem Explosionskörper $B c'' q r'$ bereits bewirkt haben, die gehörige Wirkung der nach ihrer kürzesten W. L. $q B$ berechneten und mit $\frac{1}{4}$ vermehrten Pulverladung mit Verlässlichkeit erfolge.

Hat man die nöthige Zeit und erlauben es die Umstände, so wird es den Einsturz des Fundamentes befördern und den Wiederaufbau der Verkleidungsmauer sehr erschweren, wenn ein Graben G vor demselben ausgehoben wird.

§. 233. (Fig. 125. Taf. X.)

Um Verkleidungsmauern mit Strebepfeilern von aussen zu demoliren, geht man fast gänzlich wie bei den Verkleidungsmauern ohne Strebepfeiler vor; nur werden, Fig. 125, wo möglich die Einbrüche a in der Verkleidungs-Mauer $A B C D$ in der Mitte zwischen je zwei und zwei Strebepfeiler E gemacht, und die Wendungen $b c$ um das Nöthige über die Mitte der Strebepfeiler getrieben, damit in den Halbirungslinien derselben die Oefen $1, 2, 3, 4$ u. s. f. angelegt werden können. Diese Oefen sind mit ihrem Mittelpunkte nach Umständen entweder ganz in die Dicke der Verkleidungsmauer, in der rückwärtigen Flucht derselben, oder mehr oder minder tief selbst am Kopfe der Strebepfeiler und darüber hinaus anzulegen, in welcher letzteren Fällen die Zweige a, b um das Erforderliche nach b' vorgetrieben werden müssen.

In der Regel bestimmt sich diese Anlage der Oefen nach folgenden gewöhnlich vorkommenden Fällen, worunter besondere Umstände nicht mitbegriffen sind.

Ganz in die Verkleidungsmauer werden die Oefen gelegt, wenn die Widerstandslinien wenigstens so lang sind, dass die Trichter gleichseitiger Minen sich noch berühren, oder wenn man Ursache hat mit dem Pulver hauszuhalten.

In die rückwärtige Mauerflucht wird der Mittelpunkt des Ofens gewöhnlich gelegt werden können, wenn mit Ausnahme der hier bezeichneten nicht besondere Umstände eintreten.

Rückwärts dieser Mauerflucht, mehr oder minder tief in der Mittellinie der Strebepfeiler, oder noch weiter nach innen sind die Oefen alsdann anzulegen, wenn die Strebepfeiler eine derlei Länge haben, dass die W. L. des Ofens, in der rückwärtigen Mauerflucht angelegt, zu kurz wäre, um mit

der dazu gehörigen Ladung sich den beabsichtigten gänzlichen Einsturz der langen Strebepfeiler versprechen zu können; ferner, wenn man bei derselben Entfernung der Oefen eine grössere W. L. benöthiget, um bei hinlänglichem Pulvervorrath durch eine grössere W. L. eine grössere Pulverladung und eine weiter verbreitete Wirkung zu erhalten.

§. 234.

Sind die Entfernungen und die Lage der Strebepfeiler nicht bekannt, oder sind sie von einander zu ungleich oder sie können auch nicht und nur mit zu grosser Umständlichkeit aufgefunden werden, die man vermeiden will, so wird man, wie Gumpertz und Lebrun (3. Theil §. 43) ein Beispiel von der Demolirung der rechten Bastionsface am Pothor zu Turin anführen, vorgehen können.

„Auf zwei Klafter von der Spitze der Bastion wurde der erste Einbruch und auf jede vier Klafter von diesem fort die folgenden Einbrüche gemacht. Die Mauerdicke war zu 7' 6" abgeschätzt, aber nur 7' gefunden, da sie rückwärts um 6" überhing. Die Oefen wurden an den Rechts- und Links - Wendungen ohne Berücksichtigung der Strebepfeiler auf 6' Entfernung von der Mittellinie der Einbruchszweige am Ende der Wendungen und ganz in die Mauerdicke gelegt, wodurch die Trichter in einander griffen, was nothwendig erachtet wurde, da die Ladungen nicht in die Strebepfeiler zu liegen kommen. Nebst dieser Vorsorge wurde bei dem sehr festen Mauerwerke, welches 30 Pfd. franz. Gewicht auf die Kubikklafter erforderte, und bei dem Umstande, als die rückwärtige Erde sehr wenig Festigkeit hatte, die eigentliche auf 7' W. L. berechnete Ladung von 78,3 und $\frac{1}{4}$ oder auf 108 Pfd. Pulver vermehrt.“

„Das Resultat dieses Vorganges zeigte sich nach erfolgter Zündung entsprechend. Die Verkleidungsmauer stürzte gänzlich über den Haufen, von den Strebepfeilern blieb keine Spur mehr übrig, und der Schutt, mit Ausnahme einiger Holzstücke der Verdämmung, welche auf das Glacis geworfen wurden, blieb im Graben, ohne ihn zu überschreiten, liegen.“

§. 235.

Bei Belagerungen werden Verkleidungsmauern viel leichter und geschwinder durch die in dem be-

deckten Wege oder auf der Höhe des Glacis angelegte Breschbatterien wie durch Minen in Bresche gelegt. Man wird daher zu diesem Endzwecke die Minen nur dann anwenden, wenn die Mauer mit dem schweren Geschütze nicht in Bresche gelegt werden kann.

Die gewöhnlichen vorkommenden Fälle, wo eine Verkleidungsmauer zweckmässig mit Minen in Bresche zu legen ist, bestehen in folgenden:

- a) Wenn der Graben bei einer grossen Tiefe eine so geringe Breite hat, dass die Kanonen nicht so tief gesenkt werden können, um eine gangbare Bresche zu erhalten.
- b) Wenn es an schwerem Geschütze mangelt, oder dasselbe nicht an Ort und Stelle gebracht und aufgestellt werden kann. Dergleichen Fälle ereignen sich leicht in hohen Gebirgsgegenden, oder im Innern hartnäckig vertheidigter Städte, wie in Saragossa.
- c) Wenn bei einem mit einem Hemd überzogenen, oder auch natürlichen Felsen die Kanonen unvermögend sind, Bresche zu legen, und wo oftmals noch durch Minen einzudringen und der Platz zu öffnen möglich wird; worüber die Geschichte mehrere Beispiele aufstellt. Dabei wird vorgegangen, wie folgt:

§. 236. (Fig. 126. Taf. X.)

Nachdem man mit der Abfahrt des Grabens die Contrescarpe durchbrochen, so wird, wie es die Befestigungskunst lehrt, Fig. 126 der Uebergang des Grabens p q mittelst der Sappe bis an den Fuss der Verkleidungsmauer geführt; sodann von dieser an zwei Reihen Sappkörbe über einander aufgestellt, welche die ungefähr 12' lange Grabenwendung a b am Fusse der Mauer, und den Mineur, welcher bei c angehängt wird, gegen das Flankenfeuer decken.

Um letzteren aber auch gegen die Wurf- und Feuerwerkskörper von oben zu schützen, wird eine Blendung D von beiläufig 10' langen 4" dicken und bei 6" breiten Balken, die an den obern und Seitenflächen mit Eisenblech überzogen sind, mit ihrem abgeschärft zugehauenen Kopfe an die Mauer, mit dem Fusse aber auf das Erdreich rückwärts des Grabens a b aufgestellt. Uebrigens können die Flanken dieser Blendung nach Bedarf

auch noch mit Sandsäcken, Hürden u. dgl. geschlossen und geschützt werden.

Die Aushebung des kleinen Grabens a b gewährt den Vortheil, dass man sich kürzerer, mithin leichter zu Hand habender Blendungshölzer bedienen kann, als wenn sie in dem Uebergangsgraben p q aufgestellt werden; dass die Mineure mehr Raum und Luft unter derselben gewinnen, und dass die im Uebergangsgraben p q aufgestellte Mannschaft weniger beirrt wird, und auch die angehängten Mineure weniger beirren.

Es scheint unnöthig und zu umständlich, dass die mit Eisenblech überzogenen Blendungshölzer noch mit nassen Häuten von frisch geschlachteten Thieren belegt werden, wie es früherer Zeit geschah; sehr gefährlich aber dürfte die Belegung dieser Blendung mit den so leicht entzündlichen Faschinen sein, und nicht nothwendig, da durch die schiefe Stellung der Balken an der Wand dieselben einem von oben kommenden Wurf leicht zu widerstehen vermögen.

Ist der Mineur einmal eingebrochen, so geht er durch die ganze Mauerdicke, und mit den Rechts- und Linkswendungen wie vorher vor, legt am Ende derselben die Oefen Nr. 1. und Nr. 2. an, verdammt sie, zieht sich mit der übrigen Mannschaft zurück und zündet beide Oefen gleichzeitig.

§. 237. (Fig. 126 Taf. X.)

Die Bresche, welche Fig. 126 durch die zwei Oefen 1 und 2 hervorgebracht wird, bleibt oftmals, besonders bei festem Erdreiche rückwärts der Mauer noch so roh, steil und ungangbar, dass sie bei einer tapfern Vertheidigung nur mit Mühe und grossem Menschenverluste erstiegen, verbaut oder gestürmt werden kann.

Um nun diese Bresche durch den Nachsturz der Erde leichter gangbar zu machen, so wird, wenn die Verkleidungsmauer durchbrochen ist, und so weit über d im Erdreich avancirt wurde, dass die Rechts- und Linkswendungen zu den Oefen Nr. 1 und 2 unbehindert durch 2 Partien gleichzeitig ausgearbeitet werden können, noch eine dritte Partie in der Verlängerung des Einbruchs von d aus avanciren und an der Stirne den Ofen Nr. 3 anlegen, und da alle 3 Partien zugleich arbeiten, so können auch alle 3 Oefen gleichzeitig geladen, mit ihrer Feuerführung versehen und verdammt

werden, wo sie bei d zusammentreffen, um die Verdämmung bis zum Einbruch c fortzusetzen.

Die Pulverladung der Oefen Nr. 1 und 2 wird wie gewöhnlich berechnet und gegeben, und ihre Feuerführung dergestalt eingerichtet, dass die Oefen Nr. 1 und 2 gleichzeitig kurze Zeit vor dem Ofen Nr. 3 gezündet werden. Bei den Umständen nun, als das Mauerwerk schon gebrochen, das rückwärtige Erdreich mindestens schon stark erschüttert ist, und die Wirkung der Mine Nr. 3 nur so stark zu sein hat, damit sie diese erschüttere, aus ihrem Zusammenhange gebrachte Erde über die Bresche und nicht weiter verbreitet, so wird die Pulverladung des Ofens Nr. 3 zwar nach seiner W. L. berechnet, jedoch denselben nur etwas über die Halbscheide der berechneten Ladung zu einer gleichseitigen Mine gegeben.

Gumpertz und Lebrun führen über dieses Verfahren im 3. Theil §. 59 ein dahin einschlagendes Beispiel an.

§. 238. (Fig. 126 Taf. X.)

Erlauben es die Umstände bei hinlänglichem Pulvervorrath, so kommt man ebenfalls zum Ziele, wenn Fig. 126 die Oefen Nr. 1 und 2 mit ihren Wendungen unterbleiben, und nur der gerade Zweig c d so weit fortgeführt wird, dass durch den Ofen Nr. 3, welcher aber in einen Schlund R zu legen ist, mit seiner vollen Ladung einer gleichseitigen Mine der Explosionskörper e, f, g, h ausgeworfen, und dadurch die beabsichtigte Bresche gelegt wird. Ist die Entfernung des Ofens Nr. 3 von dem nächsten Punkte k der Oberfläche des Erdreichs, welche als die Länge einer Verdämmung anzusehen ist, nicht normal, so wird die Pulverladung nach der verkürzten Verdämmung um das Nöthige vermehrt.

Ueberhaupt muss nach der Erfahrung und nach Angabe der vorzüglicheren Schriftsteller, wie Chasseloup, Gumpertz und Lebrun u. a. m. der Mineur bei solchen Gelegenheiten stets suchen, grössere Widerstandslinien zu gewinnen, um grössere und ausgedehntere Wirkungen zu erzeugen; auch darf er vor dem Feinde nicht zu karg sein und mit dem Pulver zu viel haushalten, denn selten werden mässig verstärkte, wohl aber zu geringe Pulverladungen steile und oft unersteigliche Breschen zur Folge haben *).

*) Man sehe über diesen Gegenstand das Mehrere in den „Versuchen über einige Theile der Artillerie- und Be-

§. 239.

Sind die Verkleidungsmauern so ungewöhnlich dick und haben sie eine derlei Festigkeit, dass man sie nur mit zu vielem Zeitaufwand zu durchbrechen und in Bresche zu legen vermag, so werden die Zweige in hinlänglicher Nähe voneinander eingebrochen, und nur über die Vertikalebene, die durch den Schwerpunkt der Mauer geht, fortgeführt, am Ende dieser Zweige und an einer Seite derselben die stärker geladenen Oefen angelegt, welche sorgfältig verdammt und gleichzeitig gezündet ebenfalls die Mauer in Bresche legen werden; doch wird diese Bresche selten so vollkommen wie jene durch Minen mit längeren Widerstandslinien sich gestalten, wo die Oefen rückwärts der Mauerverkleidung angebracht sind.

§. 240. (Fig. 127 Taf. X.)

Ist man im Besitze des Platzes, so gewinnt man bei den zu demolirenden Verkleidungsmauern von grosser Festigkeit viel Zeit und Arbeit, wenn man die Strebepfeiler aufsucht und, Fig. 127, in der Mitte zwischen je zweien Brunnen abteuft, entweder rückwärts der Brustwehre bei A oder mittelst Einschnitte in der Brustwehre in dieselbe an der rückwärtigen Mauerfläche bei B, aus diesen Brunnen die Zweige mit ihren Wendungen ausarbeitet und wie vorher vorgeht.

Erstere Ausführung durch Brunnen A rückwärts der Brustwehre erfordert zwar eine grössere Länge der Zweige, dafür leistet aber auch diese längere Verdämmung mittelst der Wendung einen grössern Widerstand, wie jene aus dem Brunnen B an der rückwärtigen Mauerfläche. Die Umstände bestimmen mithin die eine oder die andere Anwendung.

§. 241. (Fig. 128 Taf. X.)

Anstatt die Brunnen in der Mitte zwischen je zwei Strebepfeilern anzulegen, kann man sie auch bei jedem Strebepfeiler an einem Winkel, welche derselbe mit der Verkleidungsmauer bildet, abteufen, wodurch die Zeit gewonnen wird, welche

man zur Ausarbeitung der beiderseitigen Zweige auf der Sohle des Brunnens benöthiget.

Der Vorgang bei der Demolirung von Hünningen im Jahre 1815 durch österreichische Mineurs diene als Beispiel.

Die zu demoliren gewesenen Verkleidungsmauern der Hauptumfassung daselbst bestanden, Fig. 128, aus einer Art Beton, nämlich aus Rheinkiesel in den Mörtel eingestampft, welcher Beton gegen seine äussere Mauerfläche mit einem oben 2' dicken mit Schmatzen versehenen Ziegelmauerwerk verbunden war.

Die obere Mauerdicke mass 6', die untere 10', die Höhe der Mauer war zwischen 22' und 28'. Die Strebepfeiler waren 12' lang, 7' 6" breit und 20' bis 21' voneinander entfernt.

Dieses von Vauban vor hundert Jahren erbaute Mauerwerk hatte eine solche Festigkeit, dass die Einbrüche von aussen am Fusse desselben nur mit Zuhilfenahme des Pulvers herzustellen möglich wurden und daher einen Zeitaufwand von 21 Tagen erforderte, bis man zur Anlage der Oefen kam.

Bei diesen Umständen entschloss man sich, an einem der Winkel eines jeden Strebepfeilers die Brunnen b abzuteufen, und die Oefen a an der Wurzel- und Mittellinie der Strebepfeiler anzulegen. Die eingebrochenen Kammern in die Strebepfeiler, bis zu deren Mitte die Pulverkästen eingeschoben wurden, erhielten 5' zur Länge, 3' zur Höhe und 2' zur Breite. Die W. L. a c betrug 11' 0" und die gegebene Pulverladung 240 Pfund Wiener Gewicht. Mit Einschluss der Verdämmung der Brunnen konnten diese Oefen bei täglichen 10 Arbeitsstunden am fünften Tage gezündet werden.

Von der gegebenen Ladung mit 240 Pfund Wiener Gewicht zu einer W. L. von 11' entfallen nach der Theorie des gestutzten Kegels auf die Kubikklafter $21\frac{35}{100}$ Pfd. Wiener, oder $24\frac{40}{100}$ Pfd. französischen Gewichts des 46 Grad schlagenden französischen Pulvers.

Die Mauer stürzte in grossen Stücken zusammen. Ein Beweis, dass eine etwas verstärkte Ladung nicht gefehlt gewesen wäre, um die Mauer mehr zu zertrümmern, die Fundamente mehr zu erschüttern und unbrauchbar zu machen. Indem aber höhere Weisungen nicht nur eine möglichste Wirthschaft mit Pulver, sondern auch heftige Er-

festigungskunst vom General Grafen C*** (Chasse-
loup). Uebersetzt aus dem Französischen vom k. k.
Ingenieur - Hauptmann Rueber.

schütterungen der Privatgebäude zu vermeiden anordneten, so wurde selbst diese mässige Ladung, die nach Gumpertz und Lebrun 30 Pfd. Pulver bei dem so festen Mauerwerk erfordert hätte,

erst nach mehreren Versuchen mit geringeren und immer steigenden Ladungen, welche zu schwache Resultate lieferten, als die mindeste zur Norm angenommen.

Verkleidungsmauern mit rückwärtigen Galerien.

§. 242.

Um Verkleidungsmauern mit Galerien zu demoliren, kann man mit Ausnahme später aufgeführter Fälle auf mancherlei Art verfahren.

- 1) Indem man inner der Verkleidungs- oder äussern Widerlagsmauer der Galerie die Kammern mit gleichseitigen Minen austheilt, nach ihren Widerstandslinien die Pulverladungen berechnet, die Kammer hierzu an- oder in die Mauer anlegt, sie ladet, die Galerie gehörig verdämmt und abschliesst, und gleichzeitig zündet.

Dieses Verfahren dürfte hinsichtlich seines namhaften Zeitbedarfs, welche die Verdämmung fordert, und seiner oftmals mehrfachen Kosten, nur selten und gewöhnlich dann anzuwenden sein, wenn der Pulverbedarf beschränkt oder kostspieliger wie die Verdämmung ist, wenn man hinlängliche Zeit besitzt, und wenn es zur Ausmittlung der erforderlichen Pulverladung nothwendig wird.

- 2) Indem man den hohlen Raum der Galerie unverdämmt lässt, sie nur an beiden Enden abschliesst, die nach aussen und innen gehenden Oeffnungen verlegt, die Oefen wie vorhin austheilt und die nach der Theorie der gleichseitigen Minen berechneten Pulverladungen nach Verhältniss des leeren Raumes verstärkt, diese Gesamtladung in einen, oder in mehrere Haufen, welche aber die Zahl der benöthigten vorausgesetzten Kammern nicht übersteigen dürfen, auf die Sohle der Galerie legt, und sie gleichzeitig zündet.

Dieser Vorgang ist heut zu Tage der gewöhnlichste, indem viele Arbeit und Zeit erspart, wenigstens dieselbe Wirkung erzeugt wird, und ungeachtet der vermehrten Pulverladung in vielen Fällen wohlfeiler, wie nach der ersten angezeigten Art, zu stehen kommt.

- 3) Endlich, indem man die gewöhnlichen Pulverladungen der gleichseitigen Minen derge-

stalt vermehrt, dass die Verdämmung und Abschliessung der Galerien gänzlich weggelassen werden können.

Dieses Verfahren wird dann zweckmässig, wenn bei hinlänglichem Pulvervorrath es um Zeitgewinn sich handelt, und das vermehrte Pulver weniger Kosten verursacht wie die Verdämmung.

Man wird die hauptsächlichen Vorkommnisse der Reihenfolge nach abhandeln, und die dabei zu befolgenden Regeln auf Erfahrungen und Versuche stützen.

§. 243. (Fig. 129. Taf. X.)

Am 15. April 1830 wurden, Fig 129, in Wien an der Contrescarpe der linken Face des Ravelins vor der Hauptmauth zwei gleichseitige Minen geladen, welche als Probeöfen mit vollkommen verdämmter Galerie für Sprengungen unverdämmtter Galerien unter sonst gleichen Umständen zu dienen hatten.

Indem man die Kammern ganz in die Mauer einarbeitete, erhielt die W. L. 4' 8", wonach die Ladung nach der Angabe von Gumpertz und Lebrun auf die Kubikklafter mit 27 Pfd. altfranzösisch oder $23\frac{5}{8}$ Pfd. Wiener Gewicht Pulver angenommen, und die Pulverladung eines jeden Ofens mit 28 Pfd. Wiener Gewicht, mithin für beide mit 56 Pfd. Pulver bestimmt wurde.

Diese 20' lange Galerie wurde an ihren beiden Enden durch 7' lange Verdämmungen aus Ziegeln mit Krönungen abgeschlossen, indem sie vorher ebenfalls mit Ziegeln ganz verlegt oder verdämmt wurde. Besagte Verdämmungen reichten bis auf 12' Entfernung vom Mittelpunkte der Oefen, hatten daher mehr wie die doppelte W. L. Die Schusslöcher wurden fest verschlichtet und selbst mit kleinen Krönungen versehen.

Die Zündung der zwei Oefen geschah gleichzeitig, und die Wirkung war vollkommen. Die vordere Mauer sammt dem Gewölbe wurde genau auf

20' Länge ganz zerstört, die Mauerstücke auf 3 bis 5 Klafter geworfen. Die Erde stürzte nach der bezeichneten Linie m n nach. Die innere Widerlagsmauer bis zum Anlaufe des Gewölbes blieb stehen.

§. 244. (Fig. 130. Taf. X.)

Am 19. April desselben Jahres ward, Fig. 130, an einer andern anstossenden, jedoch gänzlich unbeschädigten Stelle derselben Face ein Versuch mit einer unverdämmten Galerie ausgeführt. Diese Galerie hatte wie vorher 20' Länge, 5' Breite und 6' Höhe bis an den Gewölbschluss.

Indem das Gewölb im vollen Zirkel bestand, so hatte der leere Raum der Galerie 546 Kubikfuss. Die Verdämmungen zur Verschliessung ihrer Enden waren mit den Krönungen 8' lang, und die eine rechtseitige bei a lehnte sich an die alte stehen gebliebene linke vom 15. April. Die Schusslöcher wurden wie vorher verlegt. Zur Pulverladung gab man das $1\frac{1}{2}$ fache von jener der verdämmten Galerie, mithin $56 + 28 = 84$ Pfd. Pulver Wiener Gewicht. Diese Ladung wurde in einem Haufen, beinahe in die Mitte der Galerie auf die Sohle derselben gelegt, und mittelst der durch ein Schussloch laufenden Feuerführung gezündet.

Die Wirkung war bedeutend stärker wie jene der Probemine.

Die Mauer sammt dem Gewölbe wurden in kleine Stücke zerrissen und bis 8 Klafter vorwärts geworfen. Die von der vorigen Sprengung stehen gebliebene Mauer a ward, obwohl von der Verdämmung eingeschlossen, umgeworfen, die Verdämmung b zerrüttet, und von der Krönung c drei Krönungshölzer gebrochen. Die Erde flog einige Fuss hoch und wurde auf 2 Klafter rückwärts an den Rand der Contrescarpe geworfen. Weiter rückwärts waren noch einige Erdrisse bemerkbar. Die innere Widerlagsmauer blieb bis zum Gewölbsanlauf wie vorher bei den Probeöfen stehen.

Indem der leere Raum in der Galerie 546 Kubikfuss, und die Pulverladung 84 Pfd. Wiener, oder 96 Pfd. französisches Gewicht beträgt, so kommen auf 1 Pfd. Pulver Wiener Gewicht leerer Raum $6\frac{1}{2}$ Kubikfuss, auf 1 Pfd. altfranzös. Gewicht

leerer Raum $5\frac{11}{16}$ „ „
oder in runder Zahl 6 „ „

und da mehrere diesem Versuche folgende Wiederholungen dieselben, vielmehr noch günstigere Resultate lieferten, so kann man die Schlussfolge ziehen:

Verkleidungsmauern mit unverdämmten, an ihren Enden abgeschlossenen Galerien werden mit der $1\frac{1}{2}$ fachen gewöhnlichen Pulverladung mit Sicherheit eingestürzt, wenn auf 1 Pfd. Pulver 6 bis $6\frac{1}{2}$ Kubikfuss leerer Raum gerechnet wird.

Diese Regel schliesst aber keineswegs die Möglichkeit aus, dass nicht unter gewissen Umständen auch ein grösserer Raum wie 6 oder $6\frac{1}{2}$ Kubikfuss mit 1 Pfd. Pulver gerechnet werden können, ohne die Wirkung zu schwächen; worüber später angeführte Versuche und Erörterungen das Nähere ersichtlich machen werden.

§. 245.

Obige in Wien im Jahre 1830 ausgeführten Versuche bestätigen die Resultate, welche bei der Demolirung von Alessandrien erhoben wurden. Man begnügt sich, hier die Uebersicht davon, nebst den daraus gezogenen Schlussfolgerungen zu geben, und verweist auf die im Detail beschriebenen Versuche und Pläne, welche im k. k. Geniehaupt-Archiv aufbewahrt sind.

U e b e r s i c h t

der Sprengungen in gemauerten leeren Galerien, welche in dem Jahre 1815 bei der Demolirung von Alessandrien ausgeführt wurden.

Versuch	Ladung: 30 Pfd. franz. Gew. des 60gr. Pulvers auf die Kub. Klafter gerechnet	Leerer Raum auf 1 Pfund Pulver gerechnet	Mauerwerk, welches auf dem zu zerstörenden Widerlager ruhte
1.	$2\frac{1}{4}$ der gehörigen *)	3,62 od. $3\frac{3}{4}$ Kubf.	2500 Kub. Fuss
2.	$2\frac{3}{8}$ „ „	6,50 „ $6\frac{1}{2}$ „	2030 „ „
3.	$1\frac{3}{4}$ „ „	7,49 „ $7\frac{1}{2}$ „	1400 „ „
4.	$1\frac{1}{2}$ „ „	4,55 „ $4\frac{1}{2}$ „	1850 „ „
5.	$1\frac{1}{3}$ „ „	6,33 „ $6\frac{1}{3}$ „	5230 „ „

*) Unter gehörig geladenen Minen sind hier jene der gehörig geladenen gleichseitigen Minen nach der

„Sowohl aus der Grösse der Wirkung bei dem dritten als auch bei dem vierten Versuche darf man schliessen, dass in ähnlichen Fällen, wenn die einfache Ladung durch vorausgesetzte gehörig geladene Oefen, wovon die äussersten um ihre W. L. von der Verdämmung entfernt sind, bestimmt ist, diese Ladung um die Hälfte vermehrt, eine hinlängliche Wirkung hervorbringt, wenn auf 1 Pfd. Pulver 7 bis 8 Kubikfuss leerer Raum kömmt.“

„Aus dem fünften Versuche lässt sich kein genügendes Resultat ziehen.“

§. 246.

Um die Versuche von Alessandrien, welche nach der Theorie des ganzen Kegels mit einem 60gradigen Pulver ausgeführt wurden, mit den Versuchen der jetzt gewöhnlich angenommenen Theorie des gestutzten Kegels und der bisherigen Voraussetzung eines Minenpulvers, welches 35—40 im Mittel, daher $37\frac{1}{2}$ Grad oder nach neuerer Anordnung mit einem Pulver, welches 42 Grad schlägt, vergleichen zu können, ist auszumitteln, welche Pulverladung p auf 1 Kubikklafter nach der Theorie des gestutzten Kegels in Verbindung der mindern Gradhaltigkeit für das dortige Mauerwerk benöthiget gewesen wäre. Nachdem die ganze Pulverladung dieselbe ist, sie mag nach ein oder der andern Theorie gefunden werden, so ist die Ladung des ganzen Kegels gleich der Ladung des gestutzten Kegels, mithin:

$$l = \frac{22}{21} W^3 P = \frac{11}{6} W^3 p.$$

$$\text{Daher } p = \frac{4}{7} P$$

P , oder die Ladung auf 1 Kubikklafter Mauerwerk nach der Theorie des ganzen Kegels wurde in Alessandrien auf 30 Pf. Pulver altfranz. Gewicht bestimmt, daher $p = \frac{120}{7} = 17,14$ Pfd.

Und da 60gradiges Pulver verwendet wurde, zum gewöhnlichen Gebrauche nur $37\frac{1}{2}$ Grad, und nach neuerer Anordnung mindestens 42 Grad schlagendes Pulver zu den Minenladungen genommen wird, so verhält sich nach

$$\sqrt{37,5} : \sqrt{60} = 17,14 : p'$$

$6,12 : 7,74 = 17,14 : p' = 21,693$
angenommen in runder Zahl 22 Pfd. für die Gradhaltigkeit von $37\frac{1}{2}$; und eben so wird:

Theorie des ganzen Kegels verstanden, was auch bei den später angeführten Versuchen zu Alessandrien zu verstehen ist.

$$\sqrt{42} : \sqrt{60} = 17,14 : p'$$

$6,48 : 7,74 = 17,14 : 20,47$ angenommen für 20,5 Pfd. des 42 Grad schlagenden Pulvers, welches nach der Theorie des gestutzten Kegels auf 1 Kubikklafter zu Alessandrien benöthiget worden wäre.

§. 247. (Fig. 127 Taf. X.)

Setzt man in runder Zahl 60 Pfd. Pulver Wiener Gewicht = 1 Kubikfuss, so nehmen Fig. 127 obige im §. 341 angeführte 84 Pfd. einen Raum von $1\frac{2}{5}$ Kubikfuss ein. Da nun der leere Raum der Galerie 546 Kubikfuss enthält, so übersteigt derselbe jenen, welchen das Pulver einnimmt, dem Volumen nach 248mal.

Der vortheilhafteste Hohlraum bei Erdminen wurde auf nur $3\frac{1}{2}$ mal des Pulver-Volumens angegeben. Nimmt man aber selbst nach der noch zweifelhaften Angabe Marescots an, dass bei einer W. L. von 10' 100 franz. oder $87\frac{1}{2}$ Wiener Pfund Pulver die grösste Wirkung bei jener kubischen Kammer hervorbrachten, welche 3' zur Seite, und einen Hohlraum von 27 Kubikfuss enthielt, mithin der leere Raum das Volumen des Pulvers von $87\frac{1}{2}$ Pfd. = $1\frac{1}{2}$ Kubikfuss nur um das 18fache übersteigt, so kann man, ungeachtet der $1\frac{1}{2}$ maligen Ladung der unverdämmten, an ihren Enden abgeschlossenen Galerien dennoch entnehmen, dass die Pulverladungen bei dem wenig elastischen festeren Mauerwerk, wo auch der erste Widerstand beträchtlicher ist, und das Pulver sich vollkommen entzünden kann, vielmehr hohlen Raum vertragen, wie jene zu den Erdminen. Aus diesem wird auch erklärlich, warum Chasseloup bei der Beschreibung der Demolirung einer Bastion, deren Oefen unter einer W. L. von 21' rückwärts der Strebepfeiler angelegt wurden (wovon jener f in unverdämmten Zweigen) den vortheilhaftesten Hohlraum bei dem 10fachen des Pulver-Volumens fand.

Es kann daher die im §. 331 angeführte Regel ^{in §. 244} nur allein für die Demolirung von Mauerwerk dienen, dessen Galerien unmittelbar hinter der äussern Verkleidungsmauer liegen; alles Mauerwerk hingegen, wo zwischen der Verkleidungsmauer und der Galerie Erde oder ein hohler Raum sich befindet, kann die gemässe Pulverladung, mit Benützung des bereits Angegebenen, nur der richtigen Beurtheilung des Mineurs überlassen bleiben,

die er sich, wo möglich, durch früher vorzunehmende Versuche verschafft.

§. 248.

Bei den angeführten Demolirungen abgeschlossener Galerien mittelst Pulverhaufen, welche auf die Sohle der Galerie gelegt werden, bleiben die innern Widerlagsmauern gewöhnlich stehen, oder stürzen nur dermassen zusammen, dass sie keine gangbare Bresche bilden. Liegt nun sowohl der Einsturz der rückwärtigen Widerlagsmauern wie eine sanfte gangbare Bresche in der Absicht, so durchbricht man die rückwärtigen Widerlagsmauern auf angemessene Entfernungen, um entweder an der innern Mauerfläche derselben, oder nach einer grössern W. L. im rückwärtigen Erdreiche die Oefen anzulegen, welche erst kurze Zeit nach der Zündung der Ladung in der Galerie aufzufliegen haben, und bei dem bereits erschütterten Mauerwerk und Erdreich nur die Hälfte, oder höchstens $\frac{2}{3}$ der berechneten gewöhnlichen Ladung erhalten.

Ein Theil der Verkleidungsmauern der rechten Face und Flanke der Bastion g des Kronenwerkes III zu Alessandrien wurde am 24. Mai 1815 folgendermassen demolirt, indem man die schon

vorhandenen gleich bei der Erbauung zur Demolirung vorgerichteten, 3' über der Grabensohle erhobenen, in der vordern Widerlagsmauer angebrachten Kammern benutzte, und nur mit 12 Pfd. Pulver lud, welche die Mauer vorerst zu erschüttern hatten; ferner in derselben Widerlagsmauer in der Tiefe von 3' unter der Sohle des Grabens die gerechte Ladung zur W. L. von 7',33 mit 58 Pfd. Pulver gab, und endlich in Wendungen längs der innern Mauerfläche des innern Widerlagers bei einer W. L. von 15' die Ladung für jede Kammer in 39 Pfd. Pulver anbrachte. Die Feuerführung war dergestalt eingerichtet, dass die Oefen über der Grabensohle am ersten, die unter der Sohle gleich danach, und endlich die rückwärtigen Oefen zuletzt aufflogen.

Ungeachtet der etwas künstlichen und zusammengesetzten Anlage der Kammern und der Feuerführung gelang diese Demolirung in Gegenwart Sr. kaiserlichen Hoheit des Herrn General-Genie-Directors Erzherzog Johann vollständig; eine sanfte leicht ersteigliche Bresche wurde erhalten, das Mauerwerk in kleine Trümmer zerschellt, die Steine erreichten nur die halbe Grabenbreite, und die Erde des Wallgangs und der Brustwehre ebnete die Vertiefungen der Mauertrümmer.

Demolirung der Verkleidungsmauern mit unverdämmten Zweigen.

§. 249. (Fig. 131 Taf. X.)

Die vielen Schwierigkeiten, welche die k. k. österreichische Genie-Direction in Alessandrien im Jahre 1815 fand, sich das nöthige Holz zu Kästen und Krönungen für gewöhnliche Demolirungsarten zu verschaffen, war die veranlassende Ursache, dass bei dem beträchtlichen Pulvervorrathe, und bei den bereits erhobenen Erfahrungen es am zweckmässigsten erachtet wurde, die angeordneten Demolirungen ohne alle Verdämmung zu bewerkstelligen.

„Zu diesem Zwecke wurden Fig. 131 zwei Einbrüche in der rechten Face der Bastion e im Kronenwerk Nro. II. gewählt, und selbe ohne alle Verdämmung als Versuch gesprengt.“ *)

„Die Ausarbeitung der Zweige war wie gewöhnlich und wie bei allen vorhergehenden Spreng-

ungen der Escarpen, nur die Pulverkammern hatten nicht nothwendig ins Reine, sondern nur im Rohen ausgearbeitet zu sein. Die gewöhnliche Legung und Aufpflasterung der Brandröhren ward beibehalten.

Die Ladung wurde in die Pulverkammer ohne Kasten geschüttet, ausgeglichen, und durch ein gegen die Kammer verspreiztes Brett vorgesorgt, dass das Pulver nicht in die Zweige fallen konnte.“

„Diese bei ganz verdämmten Zweigen bisher abgesprengten Demolirungen in der Escarpe hatten bei dem besten Erfolg mit 100 bis 115 Pfund Pulver (altfranz. Gewicht) erhalten. Bei diesem Versuche wurde nach den bereits in unverdämmten Brunnen gemachten Erfahrungen das Doppelte der gehörigen Ladung genommen, und aus Vorsicht noch $\frac{1}{4}$ zugelegt, so dass die gegebene Ladung $\frac{3}{4}$ der gehörigen oder 260 Pf. Pulver betrug.“

„Beide Kammern wurden zugleich gezündet.“

*) Man glaubt nicht zu fehlen den Text davon oftmals wörtlich anzuführen.

Wirkung.

„Die Wirkung ging weit über alle Erwartung. Nebst den beiden minirten Pfeilern wurden die Stirnmauern und Bögen bis an die nächsten Pfeiler zerstört, und das hinten her bis an den halben Wallgang herabgestürzte Erdreich bildete eine weit sanftere Rampe, als bei den bisherigen Sprengungen.“

„Die Explosion war aber so heftig, dass die Steine bis über die Contrescarpe flogen, wesswegen getrachtet wurde durch mehrere ähnliche Versuche das Minimum der Ladung ausfindig zu machen, mit welchem unter denselben Bedingnissen bei unverdämmten Zweigen eine entsprechende Wirkung erzielt werden könnte.“

„Man hat daher in den beiden Bastionen des Kronenwerkes Nro. VI die Versuche, mit ganz unverdämmten Zweigen zu sprengen, in der Escarpe fortgesetzt, und die Sprengungen immer unter denselben Bedingnissen mit zweifacher, $1\frac{3}{4}$, mit $1\frac{1}{3}$ und $1\frac{1}{4}$ der gehörigen Ladung vorgenommen.“

„Die Wirkungen dieser verschiedenen Ladungen zeigten, dass die doppelte und $1\frac{3}{4}$ Ladung noch zu stark; jene von $1\frac{1}{3}$ und $1\frac{1}{4}$ zu schwach, von $1\frac{1}{2}$ der gehörigen Ladung aber am zweckmässigsten sei, unter diesen Bedingnissen in unverdämmten Zweigen abzusprengen.

„Nach diesen gemachten Erfahrungen wurden alle unter denselben Bedingnissen zu demolirenden Escarpen bei Ladungen, welche um die Hälfte der gehörigen vermehrt waren, mit dem besten Erfolge zu Alessandrien in ganz unverdämmten Zweigen abgesprengt.“

§. 250. (Fig. 132 Taf. X.)

„In dem Kronenwerk Nr. III. erlaubte das haltbare Erdreich die Zweige in Erde bloss mit verzogener Decke auszuarbeiten. Es wurden demnach des Zeit- und Kostengewinnes wegen, Fig. 132, die Kammern rückwärts in der Mitte der Pfeiler angelegt, und weiters versucht, auch diese ohne alle Verdämmung abzusprengen.“

Die bei 30 Pfd. Pulver für die Kub. Klafter berechnete gehörige Ladung eines als ganz in Mauer liegenden Trichters von 11,5" W. L. betrug 251 Pfd. Pulver.

„Es wurde, Fig. 132, daher die Kammer ei-

nes Pfeilers mit dieser Pulvermenge geladen, und ohne alle Verdämmung einzeln abgesprengt“

Wirkung.

„Diese Ladung zerstörte nicht allein mit starkem Auswurf den minirten Pfeiler, sondern stürzte auch beide Bögen sammt der Stirnmauer bis an die zwei Nebepfeiler zusammen und bildete eine sehr gangbare Bresche.“

„Da nun bei Escarpen en decharge der wirkliche Trichter nicht ganz aus vollem Mauerwerk besteht, und daher die hierauf berechnete Ladung grösser als die gehörige ausfallen muss, welches bei dem Versuche mit 9' W. L. eben so wie hier bei 12' der Fall war; bei den Versuchen mit 9' W. L. aber die verschiedenen Vermehrungen der Ladung endlich das Resultat gaben, dass $1\frac{1}{2}$ der gehörigen Ladung bei unverdämmten Zweigen die beste Wirkung hervorbringt, und hier bei einer W. L. von 12' mit der einfachen gehörigen Ladung ebenfalls die entsprechendste Wirkung bei starkem Auswurf eintrat, so wurde aus diesen gegenseitigen Wirkungen geurtheilt: dass das Verhältniss, nach welchem die Ladungen bei unverdämmten Sprengungen zu vermehren sind, bedeutend abnimmt, wie die Widerstandslinien wachsen, und dass bei grösseren Widerstandslinien selbst die gehörigen Ladungen als zu stark, eben so wie bei verdämmten Minen ohne Nachtheil noch vermindert werden können.“

§. 251. (Fig. 131 und 132 Taf. X.)

Nach diesen gemachten Erfahrungen und darauf gebauten Schlussfolgen, dass die Pulverladungen unverdämmter Minen eben so, wie bei den verdämmten abnehmen, wie die Widerstandslinien wachsen, wurden die Versuche fortgesetzt, die Ladungen bis $\frac{2}{5}$ der gehörigen zu einer W. L. von 17' 8" vermindert und jederzeit entsprechende Resultate erhalten, wenn bei einer summarischen Länge der Zweige von 10' bis 11' die Wendung, worin die Kammer eingelegt wurde, auch nur 3' zur Länge hatte.

Die noch weiters fortgesetzten Versuche hingegen mit geraden unverdämmten Zweigen ohne Wendung von 6' 6" Länge und einer W. L. von 5' 5" mit 60 Pfd Pulver, also mehr als der dop-

pelten Ladung ausgeführt, wobei dieselbe in einem Zweig an die Stirne, in dem andern aber an die Seite des 8' 8" langen Pfeilers gelegt wurde, gaben keine entsprechenden Resultate; beide brachten nur ein Loch in der Mauer mit Erschütterung derselben und mehreren Rissen hervor, und jene war, wie vorausszusehen, die grössere Wirkung, wo die Kammer an der Seite des Zweiges angelegt wurde. Man hegte jedoch die Vermuthung, dass auch in geraden Zweigen ohne Wendung entsprechende Wirkungen zu erlangen seien, wenn dieselben nur in verhältnissmässigen Längen ausgeführt werden, worüber weitere Versuche allein das Nähere bestimmen können.

Hier folgt die Uebersicht der in Alessandrien in Escarpen en decharge vorgenommenen Sprengungen mit ganz unverdämmten Zweigen, welche bei verminderten Ladungen bei den wachsenden Widerstandslinien vollkommen entsprechende Resultate lieferten:

Bei einer Widerstandslinie von	Auf 30 Pfd. Pulver für die Kub.-Klafter war die gehörige Ladung nach altfranzös. Gewicht. Pfd.	Die gegebene Ladung war im Verhältniss der gehörigen	Bei der summarischen Länge der Zweige von
6 Fuss	31,50	60 P d. = $\frac{1}{4}$	2° 4' 0"
7 „	49,00	85 „ = $1\frac{1}{4}$	5° 1' 9"
9 „	115,00	150 „ = $1\frac{1}{2}$	2° 2' 5"
12 „	251,00	200 „ = $\frac{4}{3}$	3° 1' 0"
15 „	49 ,00	294 „ = $\frac{5}{2}$	3° 5' 6"
17 Fs. 8 Zoll	772,00	310 „ = $\frac{2}{3}$	4° 1' 8"

Es sind aber bei diesen mit unverdämmten Minen vorgenommenen Demolirungen der en decharge erbauten Verkleidungsmauern wesentliche Umstände berücksichtigenswerth.

Wie die Fig. 131 und 132 mit ihrem Längen- und Querdurchschnitt zeigen, so ruht die Last der Gewölbe, der obere Theil des Strebepfeilers a sammt der beiläufig kegelförmigen Erdanschüttung m n o im Grundriss und p, q, r in dem Querdurchschnitt auf den Widerlagern a, worin die Kammern angelegt wurden.

Werden diese Widerlager a' selbst nur durch eine mässige Pulverladung erschüttert, so geht die, die Gewölbe haltende Spannung verloren, das

Gleichgewicht ist aufgehoben und sowohl die einstürzenden Gewölbe als die um 4' breitem obern Theile a der Strebepfeiler kommen der Pulverkraft zu Hilfe, um Alles übereinander stürzend zu machen und die Bresche herzustellen.

Eine andere Berücksichtigung verdient der Umstand, dass, je grösser die Widerstandslinien werden, um so mehr Erde und um so weniger Mauerwerk im Verhältniss zu einander auszuwerfen kommt, welches so wie die hohlen Räume zwischen den Strebepfeilern ebenfalls die Pulverladungen beträchtlich vermindern hilft.

Endlich trat bei der in Fig. 131 und 132 und in ihren Durchschnitten ersichtlichen Art, die Mauern en decharge zu erbauen, der erst nach der Hand sich gezeigte Nachtheil ein, dass durch den Druck und die Setzung der rückwärts angeschütteten Erde dieselbe in dem hohlen Raum p, q, t von q gegen s nachrollte, was Risse im Erdreich nach sich zog, durch welche das Wasser eindrang, die Mauern durchnässte, immerwährender Nachhilfe bedurfte und einen nachtheiligen Einfluss auf die Festigkeit der Mauern ausüben musste, welchen Umständen die ebenfalls zu Gunsten der sich verminderten Pulverdämpfe beigemessen werden dürften.

§. 252. (Fig. 133 u. 134. Taf. X. u. XI.)

Der Genie-Direction entgingen die im vorigen §. 251 angeführten Umstände nicht. Um daher allen Zweifel zu beseitigen, dass nur allein unter der Gestaltung der Verkleidungsmauern en decharge die Demolirung mittelst ganz unverdämmten Zweigen mit Wendungen entsprechende Resultate liefere, wurden vorerst, Fig. 133, die Saillants und Schulterwinkel mit theilweiser und gänzlich hinweggelassener Verdämmung bei vermehrter Pulverladung demolirt, und da diese Ladungen des Mauerwerks noch zum Theil in der Erde wirkten, sodann, Fig. 134, bei einer 8' dicken gewöhnlichen Verkleidungsmauer vom Ravelin g h des Kronenwerkes Nr. III. mit ihren Strebepfeilern und rückwärtiger Erdanschüttung die Demolirung mit ganz unverdämmten Kammern in Wendungen vorgenommen.

Man übergeht das Detail der Demolirung eines Saillants mit $\frac{1}{4}$ Verdämmung und $1\frac{1}{2}$ mal der Ladung, welche ebenfalls ein entsprechendes Resultat lieferten, und geht zu jenem Versuche über,

wo der Saillant ohne alle Verdämmung gesprengt wurde.

§. 253. (Fig. 133. Taf. X.)

„In dem Saillant der Bastion 1, Kronenwerk Nr. III., Fig. 133, wurde die Kammer wieder in der Kapitale ausgearbeitet.“

„Die Widerstandslinie betrug 11' 10"; die berechnete Pulverladung 250 Pfd. und die summarische Länge der Zweige 3° 2' 0".“

„Weil der ausgeworfene Trichter fast ganz im vollen Mauerwerk lag, und in *Escarpen en decharge*, wo dies nicht der Fall ist, bei Kammern von 12' W. L. schon $\frac{4}{5}$ der gehörigen Ladung in unverdämmten Zweigen die Wirkung entsprechend ausfiel, so bestimmte man hier von der gehörigen Ladung nichts abzuziehen, sondern mit der vollen gehörigen zu laden.“

Wirkung.

„Die Wirkung war vortrefflich, der Pfeiler wurde zusammengestürzt, die Bresche war so breit und gangbar, wie die vorigen. Die Heftigkeit der Explosion zeigte übrigens, dass die Ladung noch vermindert werden könne.“

„Man hat auch diese Erfahrung in der Folge benutzt, und die Saillants nebst Schulterwinkel bei einer W. L. von 12' mit der Ladung von 200 Pfd., also $\frac{4}{5}$ der gehörigen Ladung, wie in den *Escarpen en decharge* bei dem besten Erfolge ohne alle Verdämmung abgesprengt.“

§. 254. (Fig. 134. Taf. XI.)

„In dem Ravelin der Fronte g h des Kronenwerks Nr. III. (Fig. 134) traf man in der rechten Face volles Mauerwerk.“

Da alle bisher statt gefundenen unverdämmten Sprengungen mit Demolirminen vorgenommen wurden, deren auszuwerfende Trichter durch die Art ihrer Construction nicht ganz im vollen Mauerwerk lagen, und dadurch mancher Zweifel eintreten musste, ob diese Sprengungsmethode auch so ganz bei vollem Mauerwerke anzuwenden wäre; so war diese bei dem Ravelin getroffene Construction sehr erwünscht, um die Sprengungsmethode ohne alle Verdämmung hier sogleich versuchen zu können.“

„Damit nun die auszuwerfenden Trichter vollkommen im vollen Mauerwerk lagen, ward ab-

sichtlich auf die Strebepfeiler keine Rücksicht genommen, sondern die Kammern abwärts in die 8' starke Escarpe so angelegt, dass sich die Trichter der zwei ersten Kammern berührten, die zwei übrigen Kammern aber auf 2½ W. L. voneinander waren.“

„Zu jeden zwei Kammern wurde in der Escarpe eingebrochen, und der Zweig hinter der Mauer um den Pfeiler herumgeführt, wie Fig. 134 zeigt. Die W. L. ward zu 8' angenommen. Die gehörige Ladung betrug 76 Pfd., die gegebene 1⅔ derselben, oder 127 Pfd. Pulver.“

„Die Zweige blieben ganz unverdämmt, und die Zündung geschah unter einem Feuer.“

Wirkung.

„Sowohl die auf 2, als die auf 2½ W. L. entfernten Kammern stürzten die 8' dicke Mauer zusammen, und bildeten eine sehr gute Bresche; bloss die Strebepfeiler wurden rückwärts nicht gänzlich zerstört, worauf aber auch bei der statt gehaltenen Anlage der Kammern nicht gerechnet werden konnte.“

„Die in der Folge bei der Demolirung des Halbkronenwerkes Nr. IV. bei vollen Escarpen mit dem besten Erfolge vor sich gegangenen Sprengungen ohne alle Verdämmung und mit Beibehaltung der früher angewendeten Verhältnisse der Ladung zur W. L. haben allen Zweifel gehoben, und vollkommen bewiesen, dass in vollem Mauerwerke ebenso, wie bei *Escarpen en decharge*, und nach eben dem Verhältnisse der Ladung zur W. L. ohne alle Verdämmung mit bestem Erfolge demolirt werden können.“

§. 255.

Die Genie-Direction zog aus diesem Versuche den Schluss:

„Wenn auch die, während der Demolirung von Alessandrien statt gehaltenen Sprengungen ohne alle Verdämmung bei weitem noch nicht hinreichen und geeignet sind, über diese Sprengungsmethode allgemeine Grundsätze und gegenseitige genaue Verhältnisse folgern und aufstellen zu können, so waren doch die wesentlichen Vortheile, die sich aus ihrer Anwendung entwickelten, schon bei dieser Demolirung so fühlbar, dass man mit

einigem Rechte bei weiterer, genauer Verfolgung und Zergliederung dieser Sprengungsmethode die wichtigsten Folgen für die Minenwissenschaft im Allgemeinen voraus zu sehen berechtigt sein darf, und dass man daher bloss aus dieser Rücksicht die hierbei eingetretenen Vortheile durch eine gegenseitige Uebersicht des Bedarfs hier an seinem wahren Platze glaubt.“

„Uebersicht des Personale, Materiale und des Zeitbedarfs einer mit **ganzer Verdämmung** zu sprengenden Demolir-Mine der Escarpe zu einer Widerstandslinie von 9'.“

Benennung des Personale, Materiale, Pulvers und der Zeitanwendung	Mineure	Handlan-ger	Holz	Breter	Pulver	Tage
Handlanger	12	7	—	—	—	—
An $\frac{4}{5}$ zölligem Holz zum Verziehen der Decke und an Brettern hiezu	—	—	4° 3'	3 St.	—	—
An $\frac{5}{8}$ zöllig gehauenen Holz zu den 3 Krönungen und den 3 Rösten	—	—	65° 3'	—	—	—
Pulver	—	—	—	—	100 Pf.	—
Zeiterforderniss zu 12 Arbeitsstunden	—	—	—	—	—	6
Zusammen	12	7	70°	3 St.	100 Pf.	6

Dieselbe Uebersicht bei **unverdämmten Zweigen.**

Benennung des Personale, Materiale, Pulvers und der Zeitverwendung	Mineure	Handlan-ger	Holz	Breter	Pulver	Tage
An Mineuren und Handlangern	9	5	—	—	—	—
An $\frac{4}{5}$ zölligem Holz zum Verziehen der Decke, und an Brettern hiezu .	—	—	4° 3'	3 St.	—	—
Pulverbedarf	—	—	—	—	150 Pf.	—
Zeitbedarf zu 12 Arbeitsstunden	—	—	—	—	—	4
Zusammen	9	5	4° 3'	3 St.	150 Pf.	4

„Sollte daher wirklich der grössere Pulveraufwand den hierdurch ersparten Materialbedarf an $\frac{5}{8}$ zölligen vierkantig behauenen Holze von 65° 3' Kurrentmass aufwiegen, was wohl selten der Fall sein dürfte, so bleibt $\frac{1}{3}$ Zeitgewinn, welcher oftmals von ausserordentlichem Werthe ist. Berück-

sichtigt man überdiess die Ersparniss am Zeuge, Abnützung, Kerzenaufwand, Sandsäcke u. dgl., so geht unbezweifelter wesentlicher Vortheil aus dieser Anordnung hervor.“

„Bei der Zündung solcher unverdämmten Zweige ist die Explosion mit einem heftigen kanonenartigen Knalle verbunden. Die überwundene atmosphärische Luft nebst dem entwickelten Pulvergase wird mit solcher Gewalt hinausgestossen, dass nicht allein Alles, was sich in der Direction der Einbrüche auf 30 bis 40 Klafter und weiterer Entfernung befindet, von dem Stosse derselben beschädigt oder getödtet würde, sondern diese Gewalt reisst auch von der Aufpflasterung der Brandröhre Steine los und schleudert sie sammt der Brandröhre ins Freie.“

„Wenn daher die Nähe von Häusern, oder die Localität überhaupt Vorsichtsmassregeln zu nehmen nothwendig macht, so sind in den unverdämmten Zweigen die Brandröhren nicht mit Ziegeln auszuflastern und zur Vermeidung des heftigen Luftstosses, die aus denen Zweigen gewonnene Erde gleich vor und gegenüber des Einbruches aufzuhäufen, wodurch der Luftstoss gebrochen, vertheilt und minder schädlich gemacht wird.“

§. 256.

„So wie die Kammern bei diesen Demolirungen nicht rein auszuarbeiten für nöthig erachtet und kein Pulverkasten mehr verwendet wurde, eben so fand man es nicht mehr nothwendig bei gewöhnlichen Sprengungen, die nicht als genaue Versuche zur Erhebung der reinen Resultate zu dienen hatten, die Zündwurst mit ihren Leitröhren zu gebrauchen, sondern das Pulver ward, wo es immer angemessen erschien, zwischen den Pulverhaufen nur auf dem geebneten Boden als Lauffeuer frei hingestreut, wodurch ebenfalls Zeit gewonnen wurde.“ Man hat ferner, sowohl bei der Demolirung von Alessandrien durch die österreichischen, so wie bei der Demolirung zu Wien von den französischen Ingenieuren, es auch nicht für unumgänglich nothwendig erachtet, die Feuerführung dergestalt zusammen zu setzen, dass alle Pulverhaufen oder Ladungen gleichzeitig gezündet wurden. Die Erfahrung zeigte, dass es hinlänglich sei, die Pulverhaufen mittelst Lauffeuer von ziemlicher Stärke zu verbinden, und von einem schicklichen Orte, wenn es möglich und ohne grosse Umständ-

Vichkeit thunlich ist, nahe, oder in der Mitte der Pulverhaufen zu zünden; wo nicht, so kann die Zündung auch an einem Ende stattfinden, indem sie sich mit einer solchen Schnelligkeit der ganzen offen darliegenden Pulvermenge mittheilt, dass kein Unterschied wahrgenommen wird, ob dieselbe von der Mitte oder vom Ende ausgehet.

§. 257.

Es ist hier der Ort auf die Beimischung fremdartiger Gegenstände zur Pulverladung bei Demolirung von Verkleidungsmauern aufmerksam zu machen, um bei sich darbietender Gelegenheit Versuche anzustellen.

Der grössere und länger anhaltende erste Widerstand, welcher die festen, wenig elastischen Mauern der Pulverkraft im Vergleich der Erdminen entgegenstellen, dürfte die Beimischung von Sägespänen zum Pulver anempfehlen, indem durch die langsamere Entzündung dieser also gemischten

Ladung die Mauern vorerst erschüttert und aus ihrem Zusammenhange gebracht werden, bevor das gänzlich entzündete Pulver sie einstürzt. Das Steinsprengen gibt bereits im Kleinen den Fingerzeig hiezu.

Die Demolirung des Forts San Urbano mittelst schlechten und feuchten Pulvers und eigens dazu angewandten Wasserzusatzes in Blasen wird von so gutem Erfolge angegeben, dass es nur zu bedauern ist, keine Pläne zu besitzen, um die sonst ausführliche Beschreibung mit den obwaltenden Umständen gehörig beurtheilen zu können. Es ist mit vieler Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass bei dem obberührten grössern ersten Widerstand der Mauern durch die grosse länger anhaltende Hitze des entzündeten Pulvers das Wasser hinlängliche Zeit gewinnt, sich vollkommen in Dämpfe aufzulösen, um ihre Spannung der Pulverkraft beifügen zu können, wodurch dieselbe Wirkung mit einer verminderten Pulverladung möglich würde.

Festungswerke.

§. 258.

Festungswerke sind gewöhnlich demolirt, wenn ihre Verkleidungsmauern und die dahinter liegenden Galerien eingestürzt wurden, mithin es keiner weitem Erörterung bedarf; eben so unterliegt auch die Demolirung der stehen gebliebenen Brustwehre

oder des Wallganges keinem Anstand, indem man wie früher verfährt. Oftmals sind die Kammern zur Demolirung der Festungswerke schon bei der Erbauung der Festung vorgerichtet, in welchem Falle sie nur nach ihrer Bestimmung benutzt werden dürfen.

Casematen.

§. 259.

Diese werden demolirt, wenn man ihre Widerlags-, Stirn- und Gangmauern einwirft. Hierbei verfährt man wie bei den freistehenden Mauern, indem die Oefen entweder in der Mauerdicke, oder unter der Sohle der Fundamente angelegt, und, wenn sie aneinander gereiht erbaut sind, entweder alle oder mehrere Casematen in Partien gleichzeitig gezündet werden.

Casematen mit unverdämmten Minen oder mit Pulverhaufen zu demoliren, dürfte bei der gewöhnlich grössern Anzahl derselben einen kaum erschwinglichen Pulveraufwand erfordern. Erheischen aber die Umstände die Anwendung dieser Methode, so wird dasselbe Verfahren beobachtet wie bei der Demolirung von Pulvermagazinen, welches hier folgt.

Pulvermagazine.

§. 260.

Auch bei Pulvermagazinen ist das Verfahren zur Demolirung derselben nicht wesentlich von dem be-

reits bekannten verschieden, und kann auf mancherlei Art bewerkstelliget werden, je nachdem man mit dem Pulver oder mit der Zeit mehr hauszuhalten hat.

Man wird zur genauern Beurtheilung die drei gewöhnlichen Demolirungsarten, ihre Pulverladungen und die dazu nöthige Zeit detaillirt anführen.

§. 261.

Die erste Art der Demolirung, welche den mindesten Pulveraufwand und die meiste Zeit erfordert, ist jene, wo die Einbrüche in die Widerlags- und Stirnmauer nahe an der Sohle des Pulvermagazines gemacht und die Oefen in der Mitte der Mauerdicken angelegt werden.

Die zweite Art bedarf mehr Pulver und weniger Zeit wie die erste und weniger Pulver und mehr Zeit wie die dritte Art, und besteht darin: die Oefen mittelst abgeteufter Brunnen und daraus getriebener Zweige unter der Sohle der Fundamente anzulegen.

Die dritte Art endlich ist jene mit unverdämmten Minen, wo die Ladung in einem oder in mehreren offenen Pulverhaufen auf die Sohle des Pulvermagazins gelegt und mittelst eines starken Lauffeuers ohne viele Umstände gezündet wird. Dieser Vorgang bedarf zwar den grössten Pulveraufwand, aber auch die mindeste Zeit.

§. 262. (Fig. 135 Taf. XI.)

Man nimmt, Fig. 135, ein Pulvermagazin mittlerer Grösse an, mit Strebepfeilern von aussen, welches durch einen Sturzboden in zwei Stockwerke getheilt und nach einem bereits bestehenden construiert wurde.

Hierbei sind folgende Bemerkungen vorauszusenden:

Bei Pulvermagazinen, welche wie die angezeigte Fig. 135 mit Strebepfeilern versehen sind, wird die Dicke der Mauern, wonach die Widerstandslinien sich bestimmen, nach der Dicke der Widerlagsmauern mehr der Länge der Strebepfeiler angenommen. Dass diese Voraussetzung mehrfachen Modificationen unterliegen kann, bedarf wohl keiner weitem Erörterung. Ferner muss man suchen, wenn es ohne andere Unzukömmlichkeit möglich ist, die Oefen in die Mittellinie der Strebepfeiler zu legen, wobei wieder zu beobachten ist, dass die schwächsten Widerstandslinien nach aussen und nach innen gleich sind, wenigstens nicht beträchtlich von einander abweichen, oder dass $m^2 = n^2$ wird, wenn nach erster Art vorgegangen wird, welche hier folgt;

Demolirung nach der ersten Art.

Die 8 Oefen Nr. 1, 2, 3, 4 u. s. f. gehören zu einer W. L. von 6' und einem Trichter-Halbmesser von 9', sind somit stark geladene Minen, welche nach der Formel Marescots $\frac{1}{14} R^2 T$ berechnet werden können; bei der Voraussetzung dass das Mauerwerk nach der Theorie des gestutzten Kegels 21 Pfd. altfranz. Gewicht auf die Kubikklafter benöthiget. Diesemnach wird:

$$L = \frac{1}{14} R^2 T \times \frac{21}{12},$$

$$T = \sqrt{36 + 81} = 10,8, \text{ und}$$

$$L = 109,4 \text{ Pfd.}$$

Indem die auf eine W. L. von 6' berechnete Pulverladung einer gleichseitigen Mine mit ihrer $\frac{2}{3}$ fachen Verstärkung nur $64\frac{1}{4}$ Pfd. beträgt, mithin die Ladung von 109,4 Pfd. in Ansehung der W. L. schon mehr, wie hinlänglich vermehrt ist, so bedarf ein solcher Ofen nicht nur keiner Vermehrung mehr an Pulver, sondern, da die Spannung des schweren 3' dicken Gewölbes bei einer mindern Erschütterung der Widerlagsmauern und Strebepfeiler aufgehoben wird, und zum vollen Einsturz derselben beiträgt, so kann auch ohne Anstand diese Pulverladung von 109,4 Pfd. auf 100 Pfd. herabgesetzt werden.

Bei der Eingangsthür ist kein Ofen anzubringen möglich, und auch nicht nothwendig; es werden daher bei den Stirnmauern 5 Oefen in der Mitte der Mauerdicke anzulegen sein, deren W. L. = 3', und deren Trichterhalbmesser 4' 9" betragen, und die Ladung wie vorher berechnet = 15,8 Pf. gefunden wird.

Indem auch diese Ladung in Ansehung der W. L. mehr wie das Zweifache beträgt, so wird sie ebenfalls nicht mehr vermehrt.

Diesemnach ist die ganze Demolirungsladung von

8 Oefen in den 2 Widerlagsmauern	
jeder 100 Pfd.	800 Pfd.
5 Oefen in den zwei Stirnmauern jeder	
15,8 Pfd. = ...	79 Pfd.
	Zusammen 879 Pfd.

Bei der Zeitbestimmung wird vorausgesetzt, dass es an Mineuren und ihrer Ablösung nicht mangle, dass sie überall zu gleicher Zeit angestellt werden können, und es daher nur nothwendig bleibt, für die am längsten dauernde Arbeit die Zeit zu berechnen. Auch werden diejenigen Arbeiten nicht mitgerechnet, welche dem eigentli-

chen Mineur-Dienst nicht zukommen, wie z. B. die Abbrechung und Wegräumung des untern Hohl- und obern Sturzbodens u. dgl. mehr.

Nach diesem ist nur der Zeitbedarf für einen der langen Zweige in den Widerlagsmauern mit der Kammer, Ladung, Verdämmung, Verschlichtung der Oeffnungen u. s. f. zu finden.

Der Zweig sammt der Kammer ist

$$\left. \begin{array}{l} l: 1^0, 1', 0'' \\ b: 0, 2, 0 \\ h: 0, 3, 0 \end{array} \right\} 0^0, 1', 2'' \text{ Kubikmass.}$$

Für einen Kubikklafter-Fuss dergleichen Zweige in festem Mauerwerk auszuarbeiten, sind nach Tabelle III

1. Theils beinahe 72 Arbeitsstunden erforderlich, also für obige 0 ⁰ , 1', 2''	84 Stunden
Laden, Verdämmen, Eingraben der Leitrohren und Herrichtung der Feuerführung zur gleichseitigen Zündung	6 „
Verschlichtung der Oeffnungen und andere kleine Arbeiten	4 „
Zusammen	94 Stunden.

Bei den starken Ladungen, welche diese Demolierungsmethode in Ansehung ihrer W. L. bei einem Pulver - Magazin mit Strebepfeilern erfordert, wird sie in der Nähe der Gebäude oder anderer Gegenstände, die man schonen will, nur mit vieler Vorsicht und Behutsamkeit anwendbar.

§. 263. (Fig. 135 Taf. XI.)

Die Demolirung desselben Pulvermagazins Fig. 135 nach der zweiten Art, wo die Oefen unter dem Fundamente der Mauern angelegt werden, geschieht mit demselben Förgang, wie es schon angezeigt wurde. Es werden nämlich Brunnen a, b, c, d, u. s. f. von innen oder aussen des Pulvermagazins bis 3' unter die Sohle des Fundaments abgeteuft, aus diesen die Zweige, um das Nöthige über die Mitte der Fundamentenbreite getrieben, und an einer ihrer Seiten die Kammern in der Mitte der Fundamentenbreite ausgearbeitet; letztere geladen, Zweige und Brunnen nach Umständen entweder ganz oder theilweise verdämmt, oder auch unverdämmt gelassen, und endlich die gleichzeitige Zündung aller Oefen bewerkstelliget. Die Pulverladung bestimmt sich wie folgt:

Die 8 Oefen in den 2 Widerlagsmauern gehören (Durchschnitt A B) zu einer W. L. von 9'.

Daher wird die Pulverladung von einem Ofen oder $L = 129\frac{1}{6}$ Pfd. angenommen für 130 Pfd.

Die 6 Oefen von Nro. 9 bis 14 unter den Stirnmauern (Durchschnitt C, D) haben eine W. L. = 7', und $L = 61\frac{1}{6}$ Pfd.

Daher wird die ganze Demolirungsladung für 8 Oefen jeder mit 130 Pfd. Pulver = 1040 Pfd.
6 Oefen jeder mit $61\frac{1}{6}$ Pfd. Pulver = 367 Pfd.
Zusammen 1407 Pfd.

Bei der Voraussetzung eines 6' tiefen Fundaments, eines mittelmässigen Erdreiches, welches verzogen werden muss, der innern Lichte der Brunnen von 3' 0'' und 2' 6'', und der Zweige von 2' Breite und 3' Höhe stellt sich die Zeiterforderniss also:

Nach Tabelle IV, 1. Theils bedarf ein	
Brunnen von 9' Tiefe	12 Stunden
Die Länge der Zweige von 7' sammt	
Kammer	10 „
Laden, Verdämmen u. s. w., wie bei	
1r Art	6 „
Verschlichten der Oeffnungen u. s. w.	
wie bei 1r Art	4 „
Zusammen	32 Stunden.

§. 264. (Fig. 135 Taf. XI.)

Nach der dritten Art, wo die Demolirung desselben Pulvermagazins Fig. 135 durch frei auf den Boden gelegte Pulverhaufen, und ohne Verdämmung, mit Ausnahme der sorgfältigen und festen Verschliessung aller Oeffnungen zu geschehen hat, wird wie folgt vorgegangen:

Man addirt jene Mauern, welche eine gleiche Dicke, mithin auch gleiche W. L. haben, in ihrer innern Länge zusammen, dividirt jede dieser gleichdicken Mauern durch die zweifache W. L. oder die Entfernung der Oefen, so erhält man die Anzahl derselben, welche nach ihrer W. L. als gleichseitige Minen berechnet und um die Halbscheide vermehrt die ganze Demolirungsladung geben. Diese Ladung wird sodann nach Umständen in einen Haufen, oder in mehrere Haufen getheilt und mittelst eines starken Lauffeuers, welches die Pulverhaufen verbindet, gezündet.

Bei der W. L. von 12', und der Länge der 2 Widerlagsmauern von 120' wird die Entfernung der Ofen = 24'; daher $120:24 = 5$ Oefen erforder-

derlich. Die Ladung für einen Ofen wird wie bekannt, berechnet = 308 Pfd. Die innern Längen der 2 Stirnmauern sind zusammen 1 54'; die W. L. = 6'; mithin sind $54 : 12 = 4\frac{1}{2}$ Oefen nothwendig. Jeder Ofen bedarf $38\frac{1}{2}$ Pfd. Pulverladung.

Daher wird die ganze Demolirungsladung für 5 Oefen zu 308 Pfd. und um die Halbscheide vermehrt = $462 \times 5 = \dots\dots\dots 2310$ Pfd.

Eben so die $1\frac{1}{2}$ fache Ladung von $4\frac{1}{2}$ Oefen zu $57\frac{3}{4}$ Pfd. = 259,87 Pfd. angenommen für $\dots\dots\dots 260$ Pfd.

Zusammen 2570 Pfd.

Berechnet man den innern leeren Raum dieses Pulvermagazins mit 21060 Kubikfuss, so ergibt sich für ein Pfund Pulver nahe 8 Kubikfuss desselben. Es unterliegt daher die Ladung von 2570 Pfd. Pulver in Betreff des leeren Raumes keinem Anstand.

Diese Pulvermenge von 2570 Pfund kann man entweder in 8 Haufen zu 275 Pfd., oder in 4 Haufen zu 550 Pfd. theilen, wo sie im ersten Falle in die 4 Ecken, und an die 4 Pfeilmitten, in letzterem Falle aber nur an die 4 Pfeilmitten gelegt werden. Der Rest von 370 Pfund dient zur Herstellung eines starken Lauffeuers, welches ungefähr nach den angezeigten Linien auf den Boden gestreut und mit einer Zündwurst verbunden wird, welche in ihrer Leitröhre durch die verrammelte Eingangsthür nach aussen geführt und von da aus wie bekannt gezündet wird.

Zur behutsamen Niederlegung der offenen Pulverladung sammt Herichtung der Feuerführung wird an Zeit verrechnet beinahe $\dots\dots\dots 5$ Stunden

Zur Verdämmung der Oeffnungen und andern kleinen Arbeiten wie bei den zwei vorigen Demolirungsarten $\frac{4}{9}$ „
Zusammen $\frac{4}{9}$ „

Nach diesen Erhebungen wird es nicht überflüssig sein, das benöthigende Pulver und die nothwendige Zeit, welche diese Demolirungsvorgänge bedürfen, bei einem dergestalt erbauten Pulvermagazin mittlerer Grösse wie Fig. 135 zusammen zu stellen.

Minenlehre II.

Bezeichnung des V o r g a n g e s.	Pulver-	Zeit-
	B e d a r f.	
	Pfunde nach altfr. Gewicht.	Stun- den.
Nach erster Art, mittelst Einbrüche in die Mauern und Anlegung der Oefen in der Mitte derselben . .	879	94
Nach zweiter Art mittelst Anlegung der Oefen unter 6' tiefen Fundamenten	1407	32
Nach der dritten Art mit Pulverhaufen und ohne Verdämmung .	2570	9

§. 265.

Gumpertz und Lebrun bemerken über die Demolirungsladungen mit Pulverhaufen nach der angezeigten dritten Art: dass die Gränze der angegebenen Ladungen sich nur so weit erstrecke bis der innere Flächenraum des Magazins 35 Quadratklaster nicht übersteigt; und da dieser Flächenraum des Magazins 35 Quadratklaster beinahe gerade dem 20fachen des Ofens, der zur W. L. die Dicke der Widerlagsmauer hat, welchen sie Vergleich-Ofen nennen, gleich ist; so geben sie die Regel an: „dass Pulvermagazine, die mehr wie 35 Quadratklaster innern Flächenraum haben, eine Demolirungsladung mit unverdämmten Pulverhaufen erfordern, welche der 20fachen Ladung des Vergleich-Ofens, mehr eben so viel Mal der Ladung dieses Ofens benöthige, als der Flächenraum um 2 Quadratklaster obige 35 Quadrat-Klaster übersteigt.“

„Setzt man nach diesem die ganze Demolirungsladung = $\dots\dots\dots L$,
Die Ladung des Vergleichofens $\dots\dots\dots 1$,
Den Flächeninhalt des Pulvermagazins (das ist jener des Fussbodens) = $\dots\dots\dots F$;
so wird bei der Voraussetzung, dass $F > 35$,

$$L = 201 + \left(\frac{F - 35}{2} \right) 1 = \frac{F + 5}{2} \times 1.$$

Und obige Regel kann sich in folgende verwandeln:

Man erhält die Demolirungsladung eines Pulvermagazins mit unverdämmten Pulverhaufen, dessen Flächenraum mehr wie 35 Quadrat - Klaster enthält, wenn man zu dem ganzen Flächenraum 5 Quadratklaster addirt, und die halbe

Summe mit der Ladung des Vergleichofens multiplicirt.

Wäre z. B. das Pulvermagazin in einem Lichte 16° lang und 5 Klafter breit, hielte also 80 Quadratklaster, die Dicke der Mauer oder der W. L. wäre 8' 6'', so wird bei 21 Pfd. Pulverladung auf die Kubikklafter die Ladung des Vergleichofens $l = 109,44$ Pfd. und nach obiger Formel

$$L = \frac{85}{2} \times 109,44 = 4651,2 \text{ Pfd. Pulver altfr. Gew.}$$

Diese geehrten Schriftsteller fügen die Bemerkung bei, dass eine grössere Höhe des Magazins an dieser Regel nichts ändere, weil alsdann auch die Dicke der Widerlager oder die W. L. des Vergleichofens grösser wird.

Endlich bemerken dieselben, dass zwar diese Methode bei ihrer Anwendung für Magazine von beträchtlicher Grösse hinreichend gewesen, allein dass sie für so grosse Dimensionen, wie V a u b a n und andere sie angeben, nicht bürken können, ob diese Methode gut sei, weil sie nicht Gelegenheit hatten, selbe bei so grossen Magazinen anzuwenden.

Es scheint auch, dass auf die geringere Dicke der Stirnmauern keine Rücksicht genommen wurde.

Nachdem die von Gumpertz und Lebrun angegebene Berechnung zur Demolirung der Pulvermagazine nur nach dem Quadratinhalt der Bodenfläche berechnet, der kubisch leere innere Raum des Magazins aber nicht berücksichtigt wird, und da ferner genannte Schriftsteller bei grösseren Magazinen, weil keine Erfahrung vorliegt, die Richtigkeit der Berechnung nicht verbürgen, so dürfte diese Methode, die Pulverladung zu obigem Zwecke zu berechnen, wohl nur als eine beiläufige angesehen und nicht leicht in Anwendung gebracht werden.

§. 266.

Eine andere Regel dürfte aus den neuern Versuchen und Thatsachen, die zu Alessandrien erhoben wurden, abgeleitet werden, wenn man das Verhältniss der Pulverladung zum leeren Raum als Grundlage annimmt, indem die Erfahrung bereits an die Hand gibt, dass Galerien mit leeren Räumen bei der $1\frac{1}{2}$ maligen Pulverladung eingestürzt werden, wenn auf 1 Pfd. Pulver 7 bis 8 Kub.-Fuss leerer Raum gerechnet werden. Die fernerhin in Alessandrien nicht nur durch vereinzelte Ver-

suche, sondern durch wiederholte erfolgreiche Sprengungen erhaltene Erfahrung, dass die Pulverladungen bei der Demolirung der Verkleidungsmauern beträchtlich abnehmen, wie die Widerstandslinien wachsen, bestätigt die von mehreren Schriftstellern aufgestellte Behauptung, dass die Pulverkräfte, wenn es auch für Erdsprengungen noch zweifelhaft ist, bei Gewältigung der festern, weniger elastischen Mauern, die einen grössern ersten Widerstand leisten, in einem grössern Verhältniss, wie die Würfel ihrer Widerstandslinien wachsen, und führt folgerecht zu dem Schluss, dass bei so namhaften Pulverladungen wie jene mit unverdämmten Pulverhaufen sind, auch der leere Raum bei $1\frac{1}{2}$ maliger Ladung sich über 8 Kub.-Fuss für 1 Pfd. Pulver ausdehnen kann, ohne die Wirkung zu beeinträchtigen. Bei einem, §. 269, angeführten Beispiele waren sogar 28,7 Kub.-Fuss leerer Raum auf 1 Pfd. Pulver der Wirkung nicht nachtheilig. Diesemnach dürfte höchst wahrscheinlich der leere Raum bei derartigen Demolirungen mit unverdämmten Pulverhaufen bei $1\frac{1}{2}$ maliger Ladung bis 12 Kub.-Fuss auf 1 Pfd. Pulver sich erstrecken.

§. 267.

Pulvermagazine mit Gängen oder Galerien um den Hauptraum herum ziehen nach den gemachten Erfahrungen, wie Gillo t einige anführt, keineswegs die Nothwendigkeit nach sich, diese Galerien oder Gänge ebenfalls mit Pulverhaufen zu laden. Die mächtige und schnelle Ausdehnung der entzündeten grossen Pulvermassen, welche die stärkeren an ihren Oeffnungen wohl verdämmten Widerlager und das Gewölb des mittleren Hauptraumes einstürzt, reisst in ihrem Wirbel auch die schwächern Widerlagsmauern und Gewölbe der Gänge oder Galerien mit fort, und wirft sie über den Haufen.

§. 268.

Nach dem nun ausführlich gegebenen Vorgange, bombenfreie Pulvermagazine auf mehrere Arten zu sprengen, hält man es für dienlich, die Anwendung dieser Sprengungen für ein oder den andern Fall schliesslich anzudeuten.

Die Sprengung geschieht entweder bei hinlänglicher Zeit und der Berücksichtigung des mindesten Pulverbedarfs, oder in feindlichen Gelegen-

heiten bei der drängenden Zeit, wo man des Pulvers nicht beachten darf.

Für den ersten Fall ist der Vorgang bereits angegeben, und es unterliegt keinem Anstand je nach den Umständen, als man nämlich das Pulvermagazin ohne oder mit den Fundamenten zu sprengen beabsichtigt, nach der ersten oder zweiten Art die Sprengung zu vollführen.

Für den zweiten Fall aber, als die Zeit drängt, wird der praktische Mineur den Pulverbedarf sowohl nach dem zu sprengenden Mauerwerk der dritten Art, als auch nach dem lee-

ren innern Kubikraum berechnen, indem er zur Ladung 1 Pfd. Pulver auf 8 Kubikfuss annimmt, und sodann aus den beiden durch die Berechnung aufgefundenen Ladungen die grössere zur Anwendung bringt.

Eine andere genauere und abstractere Theorie, besonders wie es hier der Fall vor dem Feinde ist, aufzustellen, wird überflüssig, und um so mehr, als durch den Einsturz des Gewölbes und der selbst nur geborstenen Widerlager der ausgesprochene Zweck erreicht wird; nämlich der: dem Feinde die Benützung desselben zu entziehen.

G a l e r i e n.

§. 269. (Fig. 136. Taf. XI.)

Es handelt sich hier um die Demolirung von gewöhnlichen Minengalerien, denn wie jene Galerien hinter Verkleidungsmauern zu demoliren sind, wozu auch die Contrescarpe-Galerien gehören, wenn sie unmittelbar hinter denselben liegen, ist bereits gezeigt worden; dennoch wird man bei letzterem noch ein Beispiel, der Demolirung von Alessandrien entnommen, anführen, wo bei dem grössten leeren Raum auf 1 Pfd. Pulver gerechnet noch eine hinlängliche Zerstörung hervorgebracht wurde.

In jeden der drei Durchgänge a, b und c, Fig. 136, wurden 40 Pfd. Pulver franz. Gewicht gelegt, die Schiessscharten und die Durchgänge d, f mit trocknen Ziegeln verschlichtet und alle drei Pulverhaufen zugleich gezündet. Der leere Raum der 6 Nischen und 5 Durchgänge betrug 3447 Kubikfuss, also 28,7 Kubikfuss auf 1 Pfd. Pulverladung.

Wirkung.

Die Ziegelverschlichtung bei d und f wurde beiderseitig eingeworfen, das Gewölbe, die vordere Wand, und ein Theil jener der verschlichteten Durchgangsmauern gänzlich zerstört.

Auf dieses Resultat wurde bei der im §. 266 angegebenen Schlussfolgerung hingewiesen.

§. 270 (Fig. 137. Taf. XI.)

Gemauerte Galerien kann man entweder mit Oefen oder mit Bohrschüssen demoliren; mit Oefen, wenn man Fig. 137 von 12 zu 12 Euss ein-

ander gegenüber Einbrüche in die zwei Widerlagsmauern macht und die Oefen 1, 2, 3, 4 u. s. f. seitwärts der Einbrüche hinter den Widerlagsmauern mit 10 bis 15 Pfd. Pulver geladen anlegt, die Leitröhren mit Lauffeuer oder Zündwürsten versieht, die sich von den Oefen aus in zwei andere Leitröhren b d und c e einmünden, welche an den zwei Widerlagsmauern fortlaufen; ferner die Einbrüche verdämmt, und jede zwei correspondirenden Oefen 1 gegen 2 und 3 gegen 4 u. s. f. verspreizt.

Um so viel Oefen als möglich gleichzeitig zu zünden, werden an den beiden rückwärtigen Enden der an den Widerlagsmauern laufenden Leitröhren bei b und c Raketen eingelegt, mit einem Lauffeuer verbunden, und durch einen Schnurläufer gezündet, welcher von der Eingangsseite A in der Mittellinie von f nach a geschickt wird. Diese zwei Raketen b und c müssen bei 9 und 10, oder überhaupt bei den letzten Nummern wieder zum Vorschein kommen, und geben, wenn die Mauern allda eingestürzt sind, die moralische Ueberzeugung, dass bei gehörigem Vorgange auch die weiter auswärts liegenden Mauern bis an das Ende B eingestürzt sind.

Auf dieselbe Art wird von dem Ende der stehen gelassenen Mauern fortgefahren.

§. 271 (Fig. 138. Taf. XI.)

Bei der Demolirung mit Bohrschüssen wird wie beim Steinsprengen vorgegangen, indem man Fig. 138 von 3' zu 3' Bohrlöcher m n auf gleicher Höhe in den Widerlagsmauern macht, sie auf $\frac{1}{3}$

ihrer Tiefe ladet, verdammt und möglichst viele zusammen gleichzeitig zündet, welches am vortheilhaftesten, wie vorher, mittelst Raketen geschieht. Gumpertz und Lebrun und andere Schriftsteller geben die Zündung mittelst Zündwürsten oder mit Lauffeuer an, wodurch sie nur zu vier und vier Oefen, oder zu vier und vier Bohrschüsse auf einmal gleichzeitig zünden. Während letztere Zündungsart bei den Oefen 3 Klafter und bei den Bohrschüssen 1 Klafter der Galerie einstürzt, können, wenn es nöthig, mittelst der Raketenzündung mindestens 50 Klafter der Galerielänge eingestürzt werden.

Wie schon bemerkt wurde, lehrt die Erfahrung, dass mittelst Bohrschüssen sehr unvollkommene Resultate erzielt und gewöhnlich nur Löcher aus den Mauern geschlagen werden.

§. 272. (Fig. 139. Taf. XI.)

Haben die Galerien wegen der Haltbarkeit des Erdreichs keine Verkleidungsmauern erhalten, so wird es nothwendig, die Oefen 5' bis 6' tief in die Seitenwände der Galerie anzulegen, damit man hinlängliche Widerstandslinien erhält. Diese Arbeit geht bei haltbarem Erdreiche schnell von statten, und kann noch dadurch beschleunigt werden, dass Fig. 133 diese Oefen *en échiquier* angelegt, auf das Vierfache ihrer W. L. und darüber voneinander entfernt sein können, indem die Galerie demungeachtet, wie die Fig. 139 zeigt, verschüttet und ungangbar gemacht wird.

Um die Seitenwirkung zu vergrößern, kann man, wie bei den Oefen 1 und 3, die etwas vermehrte einfache Ladung in zwei gleiche Theile rechts und links der Zweige anbringen, jedoch diese auf die Kammerbreite unverdammt belassen.

§. 273.

Belidor*) hat die Regel aufgestellt, „dass beiderseits abgeschlossene Galerien eingestürzt werden, wenn auf jede sechs Klafter Entfernung ein Pulverhaufen gelegt wird, der dreimal so viel Zentner enthält, als in dem vierten Theil der Tiefe *mètres* enthalten sind.“

*) Gillot, 3. Theil, §. 351. Zu Belidor's Zeiten waren *mètres* noch unbekannt.

Setzt man allgemein die Tiefe bis an die Sohle oder die W. L. = W und den *mètre* $m = 3'$, so wird für einen Pulverhaufen die Ladung

$$L = \frac{W \times 3 \text{ Ctr.}}{4 \times m} = \frac{W \times 3}{4 \times 3} = \frac{W}{4} \text{ Ctr.}$$

Nach diesem kann man obige Regel auch wie folgt geben:

Beiderseits abgeschlossene Galerien werden durch 6 Klafter voneinander entfernte Pulverhaufen eingestürzt, wenn jeder so viel Zentner Pulver enthält, als der vierte Theil der W. L., von der Sohle der Galerie gerechnet, beträgt.

Setzt man die Länge der Galerie = D , so werden die Anzahl der Pulverhaufen = $\frac{D}{6}$, und die ganze Demolirungsladung der Galerie, oder

$$L = \frac{W \times D}{4 \times 6} = \frac{WD}{24} \text{ Ctr.}$$

Daher erhält man die ganze Demolirungsladung einer beiderseits abgeschlossenen Galerie mittelst Pulverhaufen in Zentnern, wenn man die W. L. von der Galerie-Sohle gerechnet, mit der Galerielänge multiplicirt und das Product durch 24 dividirt.

Hierbei ist vorausgesetzt, dass der erste und letzte Pulverhaufen um die Hälfte ihrer Entfernung voneinander, nämlich 3 Klafter von den beiderseitigen Galerie-Abschlüssen, angelegt werden. Ob und wann diese Methode, Galerien zu demoliren und in Laufgräben zu verwandeln, anzuwenden sei, bestimmen zwar die Umstände, allein bei einem ausgedehnteren Minensystem dürfte, wegen des fast unerschwinglichen Pulverbedarfs, kaum je Gebrauch davon gemacht werden.

§. 274.

Man übergeht den Fürgang, Galerien mit stark geladenen Minen zu demoliren, weil sich diese nur auf einen beschränkten kleinen Kreis ausdehnen und mehr für den Angriff der Vertheidigungsminen geeignet sind. Eben so übergeht man den Vorgang: Galerien mit Holzbau zu demoliren, indem die Galerien von selbst oder durch geringe Nachhilfe einstürzen, wenn der Holzverbau weggenommen wird und die Handgriffe bei der Abplünderung des Holzwerkes, von rückwärts gegen vorn, am besten praktisch erlernt werden; nur be-

merkt man: dass diese Abplünderung des Holzwerkes, mit der nöthigen Aufsicht und Vorsicht verbunden, dem Durchsägen der Deckelstücke vorzuziehen sei und weniger Zeit bedarf.

Endlich werden auch alle einzelnen Casematten, Poternen und dergleichen Räume, welche rings um mit Erde umgeben sind, analog nach Vorhergehendem demolirt.

G e b ä u d e.

§. 275.

Die Localität und innere Anordnung der Gebäude bestimmt die Demolirung derselben mit Pulverhaufen oder Pulverfässern an den geeignetsten Stellen, in den Kellern oder dem ebenerdigen Geschosse angebracht, und hat nach den bisher vorgetragenen Grundsätzen nichts Besonderes.

Ist Mangel an Pulver, so werden die Parapetmauern der Fenster des ebenerdigen Geschosses abgebrochen, und eben so die anderen Haupt-Quer- und Scheidemauern auf beinahe 5' Höhe an mehreren nothwendig errichteten Orten bis auf die Sohle ebener Erde durchschlagen; sodann die Fensterstürze und Bögen, so wie die Thüren, die ge-

machten oder schon sich vorfindenden Oeffnungen mit Holz dermassen unterstützt, dass dasselbe die ganze Last des obern und unterfangenen Mauerwerks zu tragen vermag *). Nach diesem vorsichtlichen Vorgang werden bei all den vorbenannten Oeffnungen die Mauern von oben nach unten auf einer Seite bis an die Sohle des ebenerdigen Geschosses dermassen ausgehauen, dass sie gleichsam nur auf der abgeschnittenen Spitze einer Pyramide mit einer verticalen Seite ruhen und ohne die Stützen einstürzen würden. Nun werden die hölzernen Stützen mit brennbaren oder leicht zündlichen Stoffen behangen, umwunden und angezündet, wornach das Gebäude, wie selbe verbrannt sind, zusammenstürzt.

B r ü c k e n.

§. 276.

Es mögen die Brücken durch Einwölbungen, oder von Holz erbaut sein, immer werden sie am zweckmässigsten zerstört, wenn man die steinernen Pfeiler einstürzt, oder die hölzernen Joche verbrennt. Jede andere Verfahrungsart, wo die Pfeiler und Joche stehen bleiben, erleichtert in Kriegszeiten dem naherückenden Feinde durch Benützung derselben die Wiederherstellung dieser Brücken in ungemein kurzer Zeit.

Der Einsturz der Pfeiler bedarf aber auch, wenn nicht bereits Vorrichtungen hiezu angebracht sind, die meiste Zeit, die nicht immer zu Gebote steht; daher auch oftmals andere Demolirungsarten angewendet werden müssen, die schneller ausgeführt werden können, und für den beabsichtigten Zweck dennoch hinreichend sind.

§. 277. (Fig. 140. Taf. XI.)

Die steinernen Brückenpfeiler werden wie die

freistehenden Mauern demolirt. Zu diesem Ende errichtet man mittelst Schiffe oder Flösse Gerüstungen, um die erforderlichen Zweige und Wendungen in gleicher Höhe über dem Wasserstande, zur Anlage der Oefen in den Pfeilern, herzustellen. Nach Einführung der Pulverladung wird an der Kammer ein angemessener hohler Raum gelassen, Wendungen und Zweige verdammt, und durch, an den Pfeilern mit Klammern und Haken befestigte Brandröhren die gleichzeitige Zündung der Oefen eines jeden Pfeilers für sich, oder für je zwei und zwei bewerkstelliget. In letzterem Falle wird die Verbindung der Feuerführung durch fest gespannte Seile von einem Pfeiler zum andern vorgerichtet.

Nach dieser Weise sprengte V a u b a n **) 6 Pfeiler der Brücke über die Maas bei Huy, indem er

*) Ueber das Tragvermögen des Holzes sehe man Weiss Lehrbuch der Baukunst. I. Theil §. 545 u. s. f.

**) Gillot 3. Theil §. 587.

Fig. 140 in den 30 Fuss langen und 22 Fuss dicken Pfeilern 5' über dem Wasserstand drei Zweige mit Wendungen zu vier, 8' voneinander entfernte Oefen herstellte, wovon die zwei mittleren A jeder 400 Pfd., und die zwei am Ende B jeder 500 Pfd. Pulver altfranz. Gewicht zur Ladung erhielten. Eine ungemein starke Ladung, wenn man berücksichtigt, dass diese bei 11' W. L. auf 8' Entfernung voneinander angelegte Oefen nicht ineinander, sondern übereinander griffen. Vauban scheint den Grundsatz vor Augen gehabt zu haben, dass bei solchen feindlichen Gelegenheiten, als die Retraite der Franzosen vor den Alliirten im Jahre 1708 gewesen, der sicherste und namhafteste Erfolg alle übrigen Rücksichten überwiegt.

Zu dieser Arbeit bedurfte Vauban, indem er bei jedem Zweig 3 Mineure und die nöthigen Handlanger anstellte, 14 Tage und 2 Nächte; oder den Tag und die Nacht zu 12 Arbeitsstunden angenommen, 192 Stunden. Jedesmal wurden 2 Pfeiler und drei Bögen zusammen gesprengt, wozu man die Feuerführung auf obbesagte Art mit Zündwürsten herrichtete.

§. 278. (Fig. 141. Taf. X1.)

Bei Festungswerken sowohl wie bei Strassen, die in die Lage versetzt werden können, dass ihre Demolirung nothwendig wird, nimmt man, wie bei der Kunststrasse von Karlstadt nach Fiume, gleich bei der Erbauung der Brücke darauf Rücksicht, und mauert Fig. 141 die Kammern a, b, c, d von Kupferblech dergestalt in die Mitte der Pfeiler ein, damit dieselben durch die bis unter das Brückenpflaster geführte, mit einer starken Deckplatte überdeckte kupferne 1 Zoll weite Röhre, e, f, seiner Zeit geladen und durch die untere eben solche Röhre g, h, welche an ihrem über das höchste Wasser gehaltenen Ende h mit einem starken Pfropfe geschlossen ist, nach dem Herausziehen desselben auch wieder entladen werden könne.

§. 279.

Wenig Zeitbedarf zur Verrichtung der Demolirung eines Brückenbogens wird erfordert, wenn man längs dem ganzen Gewölbschluss eine Rinne von 1' 6" Breite und Tiefe, oder auch bis an oder in das Gewölb selbst aushaut, diese Rinne mit 300 bis 400 Pfd. Pulver ladet, und unverdämmt zündet.

Nach der Angabe von Gumpertz und Lebrun soll eine dergleichen unverdämmt Pulverladung Gewölbe im vollen Zirkel von 25' Durchmesser und 4' Dicke, welche aber durch die ausgearbeitete Rinne auf 2' 6" reducirt wurde, durchgeschlagen haben.

§. 280.

Bei dem Rückzuge der Franzosen aus Hannover*) im Jahre 1758 wurde die Brücke bei Calenberge, und jene bei Ham über die Lippe demolirt, indem man längs dem Gewölbschluss und senkrecht darauf eine Kreuzrinne von 17 bis 20 Zoll Breite und Tiefe ausarbeitete, deren 4 Aeste jeder 9' zur Länge hatten.

Für die Pulverladung nahm man an, dass auf eine Gewölbsdicke von 3' ungefähr 150 Pfd. Pulver für jeden der 4 Aeste der Kreuzrinne erforderlich wären.

Solchergestalt wurden drei Gewölbe bei Calenberg, deren Pfeilerweite oder Gewölbsdurchmesser 24', die Gewölbsdicke 1' 6" betrug und sehr fest aus hartem Stein erbaut waren, mit 300 Pfd. Pulver altfranzösisches Gewicht vollkommen zerstört.

Eben so wurde der Mittelbogen der Brücke bei Ham mit einer Pulverladung von 95 Pfd. eingestürzt.

In beiden Fällen überdeckte man die Rinnen mit Brettern und beschwerte sie mit Holzwerk und dergleichen, welches einigermassen eine Verdämmung bildete.

§. 281.

Anstatt die Brückengewölbe von oben zu zerstören, wird es, wo thunlich, zweckmässiger, sie von ihrer untern Gewölbsfläche anzugreifen, weil von dieser Seite die keilartigen Gewölbssteine weniger Widerstand entgegensetzen, wie von oben. Zu diesem Ende werden nach der Länge des Gewölbschlusses mehrere Löcher durch das Gewölbe gebohrt, und an allda durchgezogene Ketten oder Stricke Pulverfässer aufgehängt, deren Ladungen entweder mit flüchtigen Stupinen, oder einer andern Feuerführung zur gleichzeitigen Zündung vorzurichten sind.

*) Gillot, welcher sich auf Belidor bezieht.

Die unverdämmte Pulverladung wäre der Theorie nach zwar nur das $2\frac{1}{3}$ bis $2\frac{1}{2}$ mal derjenigen, welche der W. L. oder der Gewölbsdicke nebst der Anschüttung über derselben zukömmt; allein da bei so hochwichtigen Gelegenheiten Nichts dem Zufalle bei den noch nicht für alle Fälle erprobten Theorien überlassen bleiben darf, so wird man selbst bei dieser vortheilhafteren Art des Angriffes vorsichtig handeln, wenn man mit dem Pulver nicht zu karg umgehet, daher die berechnete Ladung nach Umständen noch zu vermehren ist.

§. 282. (Fig. 142 Taf. XII.)

Bei Brücken von minderer Entfernung der Pfeiler und nicht besonderer Höhe des Gewölbschlusses können Fig. 142 die Pulverfässer a oftmals auf die in die Pfeiler eingelassenen, oder auf Vorsprünge derselben aufgestellte Böcke b gelegt werden.

Nicht minder kann man bei nicht tiefen und ruhigen Gewässern Säulen d mit Streben aufstellen, welche eine starke Rinne c aus zweizölligen Pfosten mit eisernen Bändern verbunden tragen, und in welche von den zwei offenen Stirnseiten die nach vorhergehendem §. bestimmte Pulverladung eingebracht und gezündet wird.

§. 283. (Fig. 143 Taf. XII.)

Wenn grosse und wichtige Brücken über bedeutende Flüsse, welche einen nachrückenden Feind durch möglichst lange Zeit aufzuhalten haben, zerstört werden sollen, so wird es nicht immer hinreichend sein, nur den Gewölbschluss zu durchschlagen, indem Fig. 143 bei altem Mauerwerk, allwo der Mörtelband so fest wie der Stein ist, und dasselbe gleichsam nur einen einzigen Körper bildet, ein beträchtlicher Theil o, n des Gewölbbogens stehen bleibt, und nur beiläufig nach der Linie m n abbricht, was bei dem dadurch verminderten Zwischenraum dem Feinde die Wiederherstellung der Brücke sehr erleichtert. Nebst diesem Nachtheile setzt man sich auch der möglichen Gefahr aus, dass die beiderseitigen Gewölbstheile bei ihrer starken Dicke nach dem Durchschlagen ihres Schusses gegeneinander fallen und gegenseitig sich stützen, wodurch ihr Einsturz verhindert wird. Diesen Zufällen vorzubeugen wird es angemessener erscheinen, die Minen entweder in den Pfeilern selbst, mittelst abgeteufter Brunnen, oder wo dieses nicht statt finden kann, so nahe wie möglich

an die Pfeiler zu legen. Durch dieses Verfahren kann gewöhnlich, wenn auch keine gehörige, doch eine einen namhafteren ersten Widerstand leistende Verdämmung erhalten werden. Man wird bei der Wichtigkeit der Demolirungen von dergleichen grossen Brücken über beträchtliche Flüsse oder Ströme einige Fälle mit dem nöthigen Detail vortragen.

§. 284. (Fig. 143 Taf. XII.)

Es wäre demzufolge, Fig. 143, eine grosse Brücke zu sprengen, wovon die Pfeiler 24' dick, und ihrer Länge nach über die Brückenbreite vorspringend sind. Die Bögen dieser Brücke im vollen Zirkel erbaut, hätten 50' zum Durchmesser, 6' zur Gewölbsdicke am Schluss und 36' gleich der Brückenbreite zur Länge. Indem nun diese Brücke nach mehrerlei Constructionen erbaut sein kann, so ist sie auch auf verschiedene Weise zu sprengen.

§. 285. (Fig. 143 Taf. XII.)

Sind die Pfeiler oder Widerlager A wie in Fig. 143 nur bis zur tangentialen aus festem Mauerwerk hergestellten Nachmauerung aufgeführt und der übrige Theil über das Gewölbe und seiner Nachmauerung wäre bis unter das Brückenpflaster mit schlechterem leicht zu bearbeitenden Mauerwerk, Schutt oder Erde ausgefüllt, so wird bei dieser Sachlage es am zweckmässigsten, den Pfeiler A aus abgeteufte Brunnen zu sprengen.

Diesemnach werden, um die nöthige Communication mit beiden Ufern nicht zu hemmen und die Passage möglichst wenig auf der Brücke zu beengen, zwei Brunnen d und e so weit als thunlich von der Mitte derselben entfernt bis auf das feste Mauerwerk in der Halbirungslinie der Pfeilerdicke abgeteuft und von deren Sohlen an der innern Seite, oder in Zweigen, Oefen Nr. 1 und 2 zur W. L. a b, deren Trichter ineinander greifen, angelegt.

Diese zwei Oefen Nr. 1 und 2 können zwar immer dermassen geladen werden, dass sie den Pfeiler A sprengen und die zwei rechts und links auf ihm ruhenden Gewölber einstürzen; demungeachtet wird es zweckentsprechender und vortheilhafter sein, zu deren Hilfe noch die 4 Oefen Nr. 3, 4, 5 und 6 anzuwenden, welche an den Sohlen und innern Seiten der 4 zu diesem Zwecke bis auf die Tangirung der Nachmauerung abgeteufte Brunnen anzulegen sind.

Diese 4 Oefen haben die Bestimmung, vorerst das Gewölbe- und das andere Mauerwerk rund herum heftig zu erschüttern, damit die Minen Nr. 1 und 2 ihre Hauptwirkungen nicht nach der verkürzten Verdämmung a c, welche das Zweifache der W. L. a b sein soll, sondern nach dieser W. L. a b richten, zu welchem Behufe auch die Oefen Nr. 3, 4, 5 und 6 um einen kleinen Zeittheil früher wie jene Nr. 1 und 2 aufzufliegen haben.

Aus derselben Ursache, nämlich um die Passage nicht zu beirren, werden zu den äussern Wänden dieser 4 Brunnen die innern Wände der Brücken-Verkleidungsmauern benützt.

Wäre nun z. B. die Tiefe der Oefen Nr. 1 und Nr. 2 = 21' und ihre W. L. a b = 15', die Tiefe der Oefen Nr. 3, 4, 5 und 6 = 11', und das Mauerwerk bedürfe 24 Pfd. Pulver altfr. Gewicht zur Ladung auf die Kubikklafter, so wird die Ladung der Oefen Nr. 1 und 2 für jeden 687½ Pfd. Pulver.

Diese Ladung könnte zwar um ⅕ vermindert werden, weil durch die etwa früher auffliegenden 4 Oefen Nr. 3 bis 7 das Mauerwerk bereits erschüttert und aus seinem Zusammenhange gebracht ist, und weil die Erfahrung bei der Demolirung der Elbebrücke von Dresden während des Rückzuges der Franzosen von Moskau im Jahre 1813 es bewährte, dass 2 in einem Pfeiler von 27' Dicke angebrachte Oefen, wovon jeder nur 385 Pfd. Pulver zur Ladung erhielt, einen vollkommenen Erfolg hatten. Indem aber eine stärkere Pulverladung nicht nur keinen Nachtheil bringt, sondern die Wirkung vergrössert, so dürfte auch jedem der 2 Oefen Nr. 1 und 2 in runder Zahl immerhin 600 Pfd. Pulver gegeben werden.

Nach obiger Voraussetzung, dass 24 Pfd. Pulver auf die Kubikklafter für dieses Mauerwerk erforderlich sind, wird die Ladung für jeden der 4 Oefen Nr. 3, 4, 5 und 6 von 6' W. L. nach §. 221 für eine W. L. von 11⅞ w, oder 7,333 hinsichtlich des grössern Widerstandes der Keile berechnet, wofür $l = 80\frac{4}{15}$ Pfd. Pulver altfranz. Gewicht entfällt.

Diese 4 Minen bei der Dresdner-Brücke auf eine ähnliche Art angelegt, erhielten jede 100 Pfd. Pulverladung. Allein da man hier den Pfeiler zur ausgedehnteren Zerstörung stärker zu laden angetragen, so hat es auch nichts auf sich, und ist sogar vortheilhafter, wenn das Gewölbe nicht vollkommen durch diese Pulverladungen eingestürzt wer-

den sollte, indem es sich nur um eine heftige Erschütterung desselben und des rund herumliegenden Mauerwerks handelt. Dem zufolge wird die Ladung für jeden dieser 4 Oefen mit 80 Pfd. Pulver altfranz. Gewicht hinlänglich.

Die Verdämmung hat nichts Besonderes. Wenn kein Zweig aus dem Brunnen zur Kammer führt, wodurch ein leerer Raum erhalten werden kann, so wird ein solcher auf der Sohle des Brunnens vorgerichtet, welcher 3½ mal des Pulver-Volumens und darüber beträgt.

Die Feuerführung dieser 6 Minen muss, wie oben bemerkt, dergestalt hergerichtet werden, dass die 4 kleinen Minen kurz vor den 2 grössern in dem Pfeiler auffliegen; diess wird nach der angezeigten Feuerführung dadurch bewirkt, wenn die Zündwürste für alle 6 Minen von dem Brennpunkte o an in alle Kammern gleich lang gemacht werden, denn indem das Feuer derselben abwärts langsamer wie horizontal brennt, und die 2 Oefen Nro. 1 und 2 um 10' tiefer liegen wie die andern 4 Oefen, so wird das Feuer, obgleich die Zündwürste gleich lang sind, dahin auch etwas später gelangen.

Wenn zwei Pfeiler zugleich, oder auch nur die Minen Nro. 7, 8, 9 und 10 mit jenen von Nro. 1 bis 6 gesprengt werden sollen, so kann die gleichzeitige Zündung mit den nöthigen Modificationen ebenfalls aus dem Brennpunkt o oder Zündpunkt q vor sich gehen.

Es wäre annähernd noch die Zeit zu bestimmen, welche diese Demolirungsweise bis zur Zündung benöthiget.

Man setzt voraus, dass die Anschüttung über dem Gewölbe aus Mauerschutt und Erde besteht, und mittelst Getriebe bearbeitet werden müsse, mithin den längsten Zeitbedarf erfordert, selbst einen längern, wie schlechtes Mauerwerk, weil bei diesen weder Verzüge benöthiget werden, noch auf dem Trieb zu arbeiten ist. Indem bis zur Ausfertigung der Kammern Nro. 1 und 2 die meiste Zeit verstreicht, so wird auch nur diese auszumitteln sein.

Nach der Tafel IV. 1. Theils dieser Abhandlung bedarf die Abteufung eines Brunnens 2' 6" innerer Lichte auf 21' Tiefe mit Getriebearbeit 35

Herstellung der Kammern, Aufstellung des Pulverkastens, Einführung der Ladung, Herrichtung der Brandröhre und Zündwurst 2

Fürtrag 37 Stunden.

Uebertrag: Stunden 37

Die Krönung unter dem letzten Kranz, nebst Vorrichtung zu einem leeren Raum . . . 1

Nach der Erfahrung, 1. Theil, §. 224, werden mit Erdsäcken in einer Stunde verdämmt 132 Kubikfuss, und da der Brunnen bis an die Verzugsbretter 3' 6" im Gevierte misst, und 21' tief ist, so hält derselbe 257 Kubikfuss und die Verdämmung sammt 2 Krönungen unter dem dritten und fünften Kranz bedürfen in runder Zahl 2½

Für die Herrichtung der Feuerführung, Aufstellung des Pulverkastens und sonstige kleine Arbeiten 3

Auf unvorgesehenen Zeitverlust 2½

Zusammen: Stunden 46

Mangelt es daher nicht an den erforderlichen Mineuren, dass sie oftmals abgelöset werden können, noch an Handlangern und sonstigen bereits vorgerichteten Bedürfnissen und Materiale, so kann bei unausgesetzter Arbeit die Vorrichtung zur Demolirung einer grossen Brücke auf obige Weise bis zur Zündung in 2 Tagen oder in 2mal 24 Stunden zu Stande gebracht werden.

§. 286. (Fig. 143 Taf. XII.)

Ist Fig 143 der Pfeiler B über die tangentielle Nachmauerung bis f g aufgeführt, so können die Brunnen bei der vorausgesetzten grossen Festigkeit des Gewölb- und Pfeilermauerwerks ohne zu vielen Zeitbedarf nicht leicht tiefer als bis an die obere Fläche f f' g' g abgeteuft werden, auf welcher die Linie gg' oder der Durchschnitt dieser Fläche mit dem Gewölbe die vortheilhafteste zur Anlage der Kammern sein wird.

In diesem Falle werden die Brnnnen wie vorher in verhältnissmässig weitester Entfernung von der Brückenmittellinie abgeteuft, von deren Sohlen Zweige eingebrochen, um an ihren Enden Oefen Nr. 7 und 8 für stark geladene Minen anzulegen, deren Trichter um den ganzen Trichterhalbmesser ineinander greifen, welcher der doppelten W. L. gleich angenommen wird.

Indem es sich hier um eine starke und möglichst verlässliche Demolirung handelt, so wird die Ladung des gemeinschaftlichen Körpers dieser zwei ineinander greifenden Minen nicht abgezogen und zur Ladungsberechnung Hauser's Theorie als

das stärkste Resultat gebend, angewendet. Diesem zufolge wird:

$$L = \frac{R^3}{10} \frac{\times p}{P} = \frac{12^3 \times 24}{10 \times 12} = 345,6 \text{ Pfuud Pulver}$$
 altfranz. Gewicht. Und weil die Oefen in Zweigen liegen, so wird auf die hinsichtlich der starken Pulverladung nicht gehörig lange Verdämmung keine Berücksichtigung genommen.

Die Zweige bleiben unverdämmt und die Brunnen werden wie gewöhnlich verdämmt.

Der beiläufige Zeitbedarf dieser Demolirungsweise, wo keine Oefen in den Pfeilern angelegt werden, stellt sich also:

Abteufung des Brunnens von 11' Tiefe, 3' und 2' 6" innerer Lichtenweite 20 Std.

Ausarbeitung der 3' langen, 3' hohen und 2' breiten Zweige 6 „

Herstellung der Kammer, Aufstellung des Pulverkastens, Herrichtung der Brandröhren und Einführung der Pulverladung 2 „

Der Brunnen misst 154 Kubikfuss; bedarf daher zu seiner Verdämmung sammt 2 Krönungen 1½ „

Herrichtung der Feuerführung u. s. f. 3 „

Auf unvorhergesehenen Zeitverlust 1½ „

Zusammen: 34 Std.

Mithin kann diese Demolirung, allwo die Oefen nicht in die Pfeiler gelegt werden, bei unausgesetzter Arbeit in 1¼ Tag zu Stande gebracht werden.

§. 287. (Fig. 143 Taf. XII.)

Der ungünstige Fall zur Demolirung einer Brücke tritt dann ein, wenn, Fig. 143, bei einer grossen Festigkeit des Mauerwerks die ganze Brücke über den Gewölbsbogen bis unter das Pflaster nach der Linie h i voll aufgemauert ist. Hier wird jede Berechnung der dazu erforderlichen Zeit unverlässlich, und dennoch erübrigt nichts anders, als Brunnen im kleinsten Gevierte von 2' und 2' 4", oftmals selbst mit Zuhilfenahme des Pulvers auszuarbeiten und auf deren Sohlen die Pulverladungen zu legen, oder sich der §. 279 angeführten Demolirungsweise zu nähern, und auch ganz zu derselben zurückzukehren, indem man die Brunnen mehr gegen den Gewölbschluss hin oder gerade über demselben anlegt. Bei dieser Verfah-

rungsart wird es oft nicht zu vermeiden sein, die Communication zu beengen; nachdem aber die ausgehauenen Rinnen die Communication noch mehr erschweren, so sind Brunnen, wenn sie auch auf keine bedeutendere Tiefe ausgearbeitet werden könnten, den Rinnen in den meisten Fällen vorzuziehen.

Die gehörige Verdämmung wird nach der Pulverladung bestimmt. Berechnet man die Ladung, wie im §. 286 mit 345 Pfd. Pulver, so gehört dieselbe zu einer gewöhnlichen Erdmine von beiläufig 16' W. L., wozu die Verdämmung, um gehörig zu sein, 24' Länge erhalten müsste; da sie aber nur 11' Länge hat, so ist sie um die Hälfte zu kurz und die Pulverladung muss daher um ein Drittel vermehrt werden, wornach die Ladung für jeden Ofen Nr. 9 und 10 auf 460 Pfd. Pulver altfranz. Gewicht sich erhöht.

§. 288. (Fig. 144 Taf. XII.)

Als eine wohlgelungene Brückensprengung führt man jene an, welche die Franzosen im Jahre 1813 an der Elbe-Brücke bei Dresden ausführten, wovon die Daten aus dem „Archiv für die Officiere der königl. preussischen Artillerie und des Ingenieur-Corps“ (4. Jahrgang 1838), entnommen sind.

Nach dem Rückzug der Franzosen aus Russland befahl der französische General Regnier, Commandant des 7. Armeecorps, am 9. März 1813, bei eintretendem dringenden Falle einen steinernen Pfeiler der Elbebrücke bei Dresden nebst den anliegenden Bögen zu sprengen, zu welchem Ende Fig. 144 noch an demselben Tage mit der Aufreissung des Steinpflasters vom Fahrweg am vierten Brückenpfeiler vom linken Ufer an gerechnet, begonnen, vom Volke aber bis zum 14. März verhindert wurde. Erst als der General Regnier ablösende Marschall Davoust das Commando übernahm, konnten die Minenarbeiten ungehindert und kräftig betrieben werden.

Die Brücke bestand aus folgenden Bestandtheilen:

Der stromaufwärts liegende Theil A' des Pfeilers A A' oder der Eisbrecher von Pirna'schen Sandsteinquadern mit eisernen Klammern verbunden; die Widerlagen a b der Bögen B und C an

den Pfeilern A, A', F und G aus $2\frac{2}{9}$ Ellen *) (4' 1" Fortificationsmass) starken und die Hintermauerung über die Brückenbögen B und C mit $1\frac{2}{9}$ Ellen (2' 3") starken Quadersteinmauern aufgeführt.

Den innern Theil des Pfeilers A, A' fand man mit Sand und Schutt ausgefüllt; der Fahrweg war mit grossen Kieselsteinen gepflastert; die Fusswege mit vierzölligen Steinplatten belegt. Ueber die Dicke der Gewölbe ist nichts erwähnt. Nach der Fig. 144 bestehen die Gewölbe aus zwei Reihen, wenigstens in der Ansicht, nicht verbundener Quaderschichten, jede von ungefähr 3' Höhe.

Zur Anlage der Kammern theilte man die Zwischenräume der Pfeiler A A' und F und A A' und G in 4 gleiche Theile, an welchen jene an der stromabwärtigen Seite für die Oefen 1, 2, 9 und 10, und jene 3, 4, 7 und 8 an der stromaufwärts liegenden Seite bestimmt, dann wie der Grundriss zeigt, zur Halbscheide an den innern Wänden der Verkleidungsmauern und zur Halbscheide unter die Mitte D E des Fahrweges angelegt wurden.

Jeder dieser 8 Oefen erhielt 100 Pfd. Pulver zur Ladung.

In den Pfeiler A, A' kamen die Kammern zu den Oefen 5 und 6 an den Wänden und in der Mitte der Pfeilerdicke zu liegen.

Die Pulverladung für jeden dieser Oefen wurde auf 385 Pfd. festgesetzt. Der ganze Pulverbedarf bestand demnach in 1570 Pfd.

Die Brunnen 11, 12, 14 und 15 zu je zwei Kammern über den Gewölben hatten zum Gevierte beinahe 3' und wurden in der Halbirungslinie der bezüglichen zwei Oefen auf $4\frac{7}{9}$ Ellen (8' 9") Tiefe abgesenkt, die Zweige mit Holzverbau 3' 7" hoch und 2' 10" breit ausgeführt.

Die Oefen versenkte man in das Gewölb unter die Sohle der Zweige, wodurch sie 5 Ellen Länge (9' 2") zur kürzesten Widerstandslinie erhielten.

Der Brunnen 13 zu den zwei grössern Kammern 5 und 6 in dem Pfeiler A A' wurde, um die Passage auf der Brücke nicht zu sehr zu beirren, seitwärts der Mittellinie des Fahrweges abgeteufelt. Der Vorgang bei dem Brunnen 13, so wie bei den

*) 1 sächsische Elle = 2 sächsischen Fuss, nahe 1 Fuss 10 Zoll Fortifications - Mass.

aus demselben zu den Kammern 5 und 6 führenden Zweigen war übrigens derselbe, wie der vorher beschriebene.

Wegen des Nachrollens des Sandes war es nicht thunlich, wie man beabsichtigte, die Oefen 5 und 6 ebenfalls unter die Sohle der Zweige zu versenken, daher sie an der Sohle angelegt wurden, wodurch sie nur eine 10 Ellen lange (18' 4") kürzeste W. L. erhielten.

Die Verdämmung wurde mit verspreizten Krönungen aus Bohlenwänden und Sandsäcken hergestellt.

Der Kammerraum oberhalb des Pulverkastens blieb unverdämmt.

Die Leitfeuer in den Brunnen und Zweigen wurden mittelst der Zündwurst in ausgepichten Brandröhren von den ebenfalls ausgepichten Pulverkästen bis ausserhalb der Brunnen zu Tage angebracht, von da an aber die Zündwürste g g nur frei ohne Rinnen auf das Steinpflaster und dergestalt schlangenförmig gewunden gelegt, dass alle Oefen vom Brennpunkt h gezündet gleichzeitig auffliegen sollten.

Sämmtliche Minenarbeiten wurden in 6 Tagen und 6 Nächten ausgeführt.

Zur Zündung wurde ein tempirtes Bombenbrandrohr in dem Brennpunkt h angebracht.

Drei langsam aufeinander folgende Kanonenschüsse gaben am 19. März früh um 8³/₄ Uhr das Zeichen zur Zündung.

Die Explosion erfolgte in zwei kurzen Zwischenräumen.

Die zwei Brückenbögen B und C lösten sich von den Pfeilern F und G dergestalt ab, dass letztere völlig unverletzt blieben. Der Pfeiler A A' ward auseinander geworfen und beinahe bis an den Elbespiegel (dessen Wasserstand damals 1' 10" über dem kleinsten war) eingestürzt.

Der mit H H . . . bezeichnete Umriss zeigte beiläufig die Ansicht nach der Sprengung.

Das Fundament des Pfeilers A, A' hatte nichts gelitten und konnte mit voller Beruhigung zum Wiederaufbau des Pfeilers benützt werden.

§. 289.

Die Zerstörung hölzerner Joch-, Schiff-, Pontons- und anderer schwimmender Brücken gehört zwar nicht unmittelbar zum Mineur-Dienst; allein da derselbe dennoch in die Lage versetzt werden

kann, dergleichen Zerstörungen zu bewerkstelligen oder wenigstens hilfreiche Hand dabei anzulegen, so wird es nicht unnöthig sein, diese Gegenstände mit aufzunehmen.

§. 290.

Ist man im Besitze einer Jochbrücke, so wird die Zerstörung der Joche eben so wie die der Pfeiler bei Steinbrücken immer die zweckmässigste. Zu dem Ende sind 2' bis 3' über dem Wasserspiegel an den Jochstecken und dem Quergehölze Pechkränze, in Pech und Schwefel getauchte Späne, kleine Faschinen (Fagots), dürres Reisig, gespaltenes trockenes Holz mit eisernen Nägeln, Klammern, Haken u. dgl. zu befestigen. Diese leicht und anhaltend brennbaren Materialien werden unter sich mit faulen Stupinen, welche aus in Pulverlauge gebeizten aufgedrehten Luntten erzeugt werden, oder mit lockern Stricken, welche durch zerlassenes Pech mit Schwefel gemischt, gezogen sind, verbunden und von unten angezündet. Hat man die nöthige Zeit, auch das Brückenlager von der dem Wasserspiegel zugewandten Seite mit dergleichen Brennstoff zu bespicken und wie oben zur raschen Zündung zu verbinden, so wird die Flamme um so schneller sich der ganzen Brücke mittheilen und dem oft auf dem Fusse nachrückenden Feinde die selbst nur theilweise Erhaltung der Brücke verwehren.

Sind die angegebenen Brennmaterialien nicht vorhanden, so muss man mit klein gespaltem Holze, dürrer Reisig u. dgl. sich behelfen, wodurch der Endzweck ebenfalls, nur längerer Zeit bedürftend und gewöhnlich nicht so vollkommen, erreicht wird.

§. 291.

Wenn aber die Brücke, die zerstört werden soll, in Feindes Händen ist, so wird das Gelingen der Zerstörung oft sehr problematisch, wenn der Feind die gehörigen Vorsichtsmassregeln dagegen getroffen hat. Dergleichen Brückenangriffe haben die Wahrscheinlichkeit der verlangten Wirkung nur dann für sich, wenn es dem Feinde an der nöthigen Zeit oder dem nöthigen Materiale zu Gegenmassregeln fehlt; oder auch, wenn Elementarereignisse gegen ihn benutzt werden können.

Aber wenn es auch nicht in Abrede gestellt werden kann, dass ein energischer Feind bald Mit-

tel findet, den verursachten Schaden in kurzer Zeit wieder auszubessern, so gibt es dennoch Fälle, wo selbst eine kurze Unterbrechung der Communication im entscheidenden Augenblicke von unabsehbaren Folgen sein kann.

Hätte z. B. die feindliche Armee mit einer grössern Heeres-Abtheilung bereits den Uebergang des Flusses bewerkstelliget, und die Brücke würde in dem Augenblicke zerstört, als der Rest der feindlichen Armee das diesseitige Ufer noch nicht erreichen konnte, so ist das Schicksal der bereits übergegangenen Heeresabtheilung gegen seinen Gegner leicht vor auszusehen. Der Uebergang der Franzosen über die Donau am 21. und 22. Mai 1809, die zerstörte Brücke, und die von Sr. kais. Hoheit dem Erzherzog Carl so glorreich geschlagene Schlacht von Aspern liefert den Beweis dafür. Diesem nach wird es gebieterische Pflicht, in dergleichen Fällen eine, wenn auch nur auf grosse Wahrscheinlichkeit gegründete Brückenzerstörung durch alle mögliche Mittel herbeizuführen.

§. 292. (Fig. 145. Taf. XII.)

Jochbrücken können durch Brander zerstört werden, zu welchen man Fig. 145 schon vorhandene grössere Schiffe benützt, in denselben einen feuerfesten Kasten *h i l k* aus Ziegeln zur Aufnahme der Brennmaterialien ausmauert und mit Ballast dergestalt beladet, dass sie bis auf den Kranz tauchen, um dem feindlichen Feuer nicht zu sehr ausgesetzt zu sein.

In dem ausgemauerten Kasten werden dörres Reissig und trockenes Holz zu einem mit vielen Zwischenräumen versehenen Scheiterhaufen vereinigt, in welchen man Pech, Schwefel, und in selbe getränkte oder bestrichene Holzspäne, und andere heftig brennende und schwer zu löschende Gegenstände gibt, und sie wie oben §. 290 mit faulen Stupinen u. s. w. verbindet. Und da die grösste Schwierigkeit meistens darin besteht, den Brander anzuhängen und zur rechten Zeit zu zünden, so stellt man am Hintertheile des Schiffes einen von oben bis unten mit unter sich und am Boden befestigte Eisenschienen beschlagenen, mit Eisenblech überzogenen und mit intensivem Brennstoff umwickelten und behangenen Mastbaum *A* auf, welcher bei der gehörigen Tauchung des Schiffes noch über das Brückenlager hinausreicht; befestiget an der Spitze desselben gut ausgelegte und

in Leinöl getränkte feste Schnüre, oder ausgeglühten Drath *a b*, *a c h*, *a d b*, welche sich an dem Hebel oder Drücker eines in einem am Schiffe sorgfältigst befestigten Kästchen befindlichen Perkussionsschlusses vereinigen, so wird, wenn eine dieser Schnüre an das Brückenlager anstosst, das Schloss detoniren, das mit selbem in Verbindung gesetzte Streupulver und die an die faulen Stupinen und dem Brandzeug befestigten flüchtigen Stupinen den Brandstoff und die Brücke in Brand setzen. Zur Vorsorge, dass der Brander die Brücke nicht verlässt, bis der ganze Brennstoff verzehrt ist, wird an der Spitze des Mastes *A* ein Haken oder kleiner Anker *F* angebracht und mit den Eisenschienen des Mastes verbunden.

Das hiezu verwendete Percussionsschloss kann nach Fig. 146 oder auf eine andere Art hergestellt werden, nur wird es jederzeit nothwendig, um eine zu frühzeitige Detonirung und Entzündung zu verhindern, mittelst eines Reibers *r* das Zündapparat zu bedecken.

Die also vorgerichteten Brander werden von einigen unerschrockenen, kaltblütigen und verlässlichen Männern mit einem Kahne in das Fahrwasser geleitet, und bis an jene Stelle begleitet, wo sie selbe dem Strome zu überlassen gezwungen werden, indem sie vorher in letztem Augenblicke das Steuerruder *C* in den Brändern befestigen und die Sicherheitsreiber *r* dergestalt gewendet haben, dass die Detonirung bei dem Anstreifen der Schnüre an der Brücke ungehindert erfolgen kann.

§. 293. (Fig. 147, 145. Taf. XII.)

Sollte das Brückenlager eine derlei Höhe haben, dass im Verhältniss des Schiffes der Mast so hoch gemacht werden könnte, um hängen zu bleiben, so kann man Fig. 147 durch lange Querbäume *a d c*, welche an ihren Enden ebenfalls Haken *k* bekommen, das Anhängen dieser Brander an die Joche, statt an das Brückenlager erzielen. Dieser Querbaum *a d c* wird mit den nöthigen eisernen Streben *g e*, *h i* verbunden. Die Schnüre *k b* ziehen das Perkussionsschloss ab, wie sie das Joch berühren. Bei langen Querbalken ist es wohl möglich, aber nicht wahrscheinlich, wenn dieselben auch kürzer wie die Jochweiten sind, dass sie nicht an ein oder dem andern Joche hängen bleiben sollten. Findet man es nöthig, so können sowohl Mast

als Querbalken auf demselben Brander angebracht werden.

Damit der Feind den Brander nicht aufzufangen wagt, oder ihn, wenn er sich an der Brücke angehängt hat, nicht so leicht losmachen kann, werden Mordschläge, Handgranaten und Hohlkugeln kleinern Calibers mit ihrer Sprengladung, nicht aber grössere Projectile mit starker Ladung angebracht, weil letztere leicht durch ihre Explosion die Versenkung des Schiffes und die Zerstreuung des Brennstoffes in das Wasser herbeiführen könnten.

Vortheilhaft dürfte es sein, Brandraketen g Fig 145 unter einem Winkel von beiläufig 45 Grad am Schiffsrande anzubringen, deren konische Vordertheile mit Spitzen und Widerhaken versehen die Brandraketen in den Jochen oder dem Brückenlager anhängen, und die Zündung der Brücke durch die Raketen ebenfalls veranlassen.

§. 294.

Schiff-, Ponton- und alle Arten schwimmender Brücken können mit denselben Mitteln, welche bei den Jochbrücken angegeben wurden, zerstört werden. Bei hohem Wasserstande und bei einem hinlänglich tiefen und reissenden Flusse wird der Endzweck am einfachsten und meistens auch am sichersten erreicht, wenn man die grössten Schiffe, welche aufzutreiben sind, mit Steinen und Erde beschwert, bis auf den Kranz tauchet, in das Fahrwasser geleitet, und dem Strome überlässt. Nicht leicht widersteht eine Brücke der Gewalt des Stosses dieser Schiffe, zumal wenn mehrere aneinander gehängt sind.

Damit aber dem Feinde das Entern derselben verwehrt oder möglichst gefährlich gemacht wird, müssen auf denselben ebenfalls mehrere, sich nach und nach entzündende Feuerwerkskörper angebracht werden.

Anstatt der belasteten Schiffe können auch Flösse und selbst grosse Baumstämme dazu verwendet werden, wovon man mehrere zu gleicher Zeit gegen die Brücke ablässt.

§. 295. (Fig. 148. Taf. XII.)

Nicht minder kann man die besagten Brücken durch Sprengmaschinen Fig. 148 zerstören, welche nichts anders als schwimmende unverdämmte Minen sind. Sie bestehen nach Art der bereits §. 140 angeführten, und Fig. 59, 60 und 61 dargestellten

Flatterminen, aus einem nach oben verhältnissmässig abgetheilten gut verpichteten Pulverkasten a b c d, in dessen unterer Abtheilung b c f e die Pulverladung und in der obern a e f d die Sprengprojectile, Raketen und das Perkussionsschloss angebracht werden.

Dieser also geladene und bewaffnete Pulverkasten wird in ein dazu angemessenes Schiff, oder in einen eigens dazu gebauten schiffähnlichen Kasten A B gesetzt, mit einem festgemachten Steueruder C versehen, und das Perkussionsschloss nach Fig. 148 dergestalt eingerichtet, dass, wenn der Stab D an die Brücke mit seiner vordern Seite anstösst, das Schloss detonirt, und die Pulverladung sammt Sprengprojectilen und Raketen entzündet. Dieser Kasten oder das hiezu eingerichtete Schiff wird wie vorher geleitet und gegen die Brücke dem Strome überlassen.

Die Grösse und die Form des Pulverkastens richtet sich nach der Pulverladung und dem vorhandenen Schiff; so kann er ein Parallelepiped mit quadratischer oder länglich viereckiger Grundfläche erhalten.

Wird aber ein eigener Schiffkasten zum Pulverkasten erbaut, so richtet sich ersterer nach letzteren, indem man demselben eine dem Würfel nahe kommende Gestalt gibt.

Die Pulverladung ist nach dem beabsichtigten Zwecke nur abschätzend zu bestimmen möglich, wozu die aufzuwenden mögliche Pulvermenge den Massstab gibt. Je mehr je besser, wenn eine grosse Wahrscheinlichkeit des Erfolges anzuhoffen, und je weniger je besser, wenn diese Wahrscheinlichkeit gegründetem Zweifel unterliegen sollte.

Wäre z. B. die Pulverladung 10 Zentner für eine solche Sprengmaschine bestimmt, so wird ein kubischer Kasten a, b, c, d Fig. 148 von 3' im innern Lichte nothwendig, wovon 2' innere Höhe die Pulverladung, und den oberen Rest die Feuerwerkskörper und das Perkussionsschloss einnehmen. Der Schiffkasten wird aus 2 zölligen Pfosten, wasserdicht, fest und mit eisernen Bändern zusammen verbunden, hergestellt. Die rückwärtige Wand ist vertical, und die Wände des vordern Theiles sind pyramidenförmig zusammengefügt, damit derselbe leichter den Strom durchschneidet.

Das feste Steuerruder C, um den Schiffkasten immer in seiner gehörigen Richtung zu erhalten, und seine Befestigung zeigt die Fig. 148. Damit

dieser Schiffskasten auf das Nöthige, d. i. ungefähr bis auf 9 oder 12 Zoll getaucht wird, gibt man ihm den erforderlichen Ballast. Dieser starken Tauchung wegen kann es beim starken Wellenschlage nothwendig werden, den Kasten mit getheertem Zwilch oder einer andern Vorrichtung zu überdecken.

Damit das Abschlagen des Perkussionsschlusses durch den Stab D ungehindert erfolgen kann, wird rückwärts desselben ein leicht beweglicher Schuber m angebracht, und alle Oeffnungen und Fugen daselbst mit Unschlitt sorgfältigst ausgefüllt und verschmiert. Die Sprengprojectile sind vortheilhafter von grössern wie von kleinem Kaliber, und auch jene dazu anwendbar, welche beschädigt und als Wurfkörper nicht mehr gebraucht werden können; man kann sie mit Pulver und Brandzeug nach Belieben stark laden. Die Raketen r werden eben so in ein fest gemachtes Brett gesetzt, welches mit dem nöthigen, mit Unschlitt wieder ausgefüllten Spielraum für selbe durchlöchert wird.

§. 296. (Fig. 149 Taf. XII.)

Wenn die Zeit mangelt, oder die nöthigen Bedürfnisse zur Herstellung des beschriebenen Schiffkastens nicht vorhanden sind, so verwendet man Fig. 149 hiezu geeignete wasserdichte Fässer, welche mit einer Perkussions-Vorrichtung P über den Spund versehen werden; und, da die Fässer dieselbe feste Lage und Richtung nicht beibehalten, so bringt man an der Spitze des Stockes D, 4 oder mehrere Schnüre an, welche durch Rollen und Schraubenringe dergestalt geregelt und an das Perkussionsschloss befestiget werden, dass die Detonirung jederzeit erfolgen muss, das Fass mag nach was immer für eine Richtung an der Brücke anlangen.

Sowohl das Pulver als das Eichenholz, woraus die Fässer gewöhnlich verfertigt sind, kommen in ihrer specifischen Schwere jener des Wassers beinahe gleich; daher darf das Fass, damit es nicht zu sehr taucht oder sinkt, nie voll mit Pulver gefüllt werden. Zur Beurtheilung des Pulverquantums, oder der auszuwählenden Gefässe kann man annehmen, dass 1 Eimer beinahe 2 Kub. Fuss, oder 100 bis 110 Pfd. Pulver fasst.

Damit endlich das Fass sich nicht wälze, sind oberhalb der Achse Schwimmer a aus Brettern zu befestigen, welche sich an die Fassbauchung anschmiegen.

§. 297.

In frühern Zeiten wurden Sprengmaschinen mit grossen Ladungen, künstlichen und zusammengesetzten Vorrichtungen erbaut, wie namentlich dergleichen bei der Vertheidigung von Antwerpen gegen die durch den Herzog von Parma im Jahre 1585 über die Schelde unterhalb Antwerpen erbauten Brücke von dem in Antwerpen anwesenden Ingenieur Friedrich Gianibelli ausgeführt wurden. Es dürfte zweckmässig und lehrreich sein, das Wesentlichste dieses Vorganges und der daraus entstandenen Folgen nach Schillers „Geschichte des Abfalles der Niederlande von der spanischen Regierung“ hier darzustellen, die ungeachtet ihrer poetischen Einkleidung nicht bestrittene Thatsachen enthält.

Gianibelli verlangte von dem Magistrate zu Antwerpen 3 grosse Schiffe von 150 bis 500 Tonnen (3000 bis 10,000 Zentner Tragfähigkeit) und 60 Playten, welche, um die Wirkung der Minenschiffe zu vollenden, in keilförmiger Richtung gegen die Brücke Sturm laufen sollten. Mit Mühe konnte er zwei kleine Schiffe von 70 bis 80 Tonnen und eine Anzahl Playten erhalten

„Mit diesen zwei Schiffen, wovon er das eine das Glück, das andere die Hoffnung nannte, verfuhr er auf folgende Art:

„Er liess auf dem Boden desselben einen hohlen Kasten von Quadersteinen mauern, der 5' breit, 3 $\frac{1}{2}$ ' hoch und 40' lang war. Diesen Kasten füllte er mit 60 Ztr. des feinsten Schiesspulvers von seiner eigenen Erfindung und bedeckte denselben mit grossen Grab- und Mühlsteinen so schwer, als das Fahrzeug sie tragen konnte. Darüber führte er noch ein Dach von ähnlichen Steinen, welches spitz zulief, und 6' über den Schiffsrand emporragte. Das Dach selbst wurde mit eisernen Ketten und Haken, mit metallenen und marmornen Kugeln, mit Nägeln, Messern und andern verderblichen Werkzeugen vollgestopft; auch der übrige Raum des Schiffes, den der Kasten nicht einnahm, wurde mit Steinen ausgefüllt, und das Ganze mit Brettern überzogen. In dem Kasten selbst waren mehrere kleine Oeffnungen für die Lunten gelassen, welche die Mine anzünden sollten.

Zum Ueberflusse war noch ein Uhrwerk darin angebracht, welches nach Ablauf der bestimmten Zeit Funken schlagen, und, wenn auch die Lunten

verunglückten, das Schiff in Brand stecken konnte. Um dem Feinde die Meinung beizubringen, als ob es mit diesen Maschinen bloss darauf abgesehen sei, die Brücke anzuzünden, wurde auf dem Gipfel derselben ein Feuerwerk von Schwefel und Pech unterhalten, welches eine ganze Stunde lang fort brennen konnte. Ja, um die Aufmerksamkeit desselben noch mehr von dem eigentlichen Sitze der Gefahr abzulenken, rüstete er noch zweiunddreissig Schuyten (kleine platte Fahrzeuge) aus, auf denen bloss Feuerwerke brannten, und welche keine andere Bestimmung hatten, als dem Feinde ein Gaukelwerk vorzumachen. Diese Brander sollten in vier verschiedenen Transporten, von einer halben Stunde zur andern, nach der Brücke hinunter laufen, und die Feinde zwei ganze Stunden lang in Athem erhalten, so dass sie endlich vom Schiessen erschöpft, und durch vergebliches Warten ermüdet, in ihrer Aufmerksamkeit nachliessen, wenn die rechten Vulkane kämen. Voran liess er zum Ueberfluss noch einige Schiffe laufen, in welchen Pulver verborgen war, um das schwimmende Werk vor der Brücke zu sprengen, und den Hauptschiffen Bahn zu machen. Zugleich hoffte er durch dieses Vorpostengefecht dem Feinde zu thun zu geben, ihn heranzulocken, und ihn der ganzen tödtenden Wirkung des Vulkans auszusetzen.“

„Die Nacht zwischen dem 4. und 5. April war zur Ausführung dieses grossen Unternehmens bestimmt. —“

„Kaum war es dunkel geworden, so sah man von der Stadt her drei brennende Fahrzeuge daherschwimmen, dann noch drei andere, und gleich darauf eben so viele. — Die ganze Brücke füllte sich mit Bewarineten an. Indessen vermehrten sich die Feuerschiffe, und zogen theils paarweise, theils zu dreien, in einer gewissen Ordnung den Strom herab, weil sie am Anfange noch durch Schiffer gelenkt wurden.“

„Der Admiral der Antwerpen'schen Flotte, Jacob Jacobsohn, hatte es, man wusste nicht, ob aus Nachlässigkeit oder Vorsatz, darin versehen, dass er die 4 Schiffhaufen allzu geschwinde hintereinander ablaufen und ihnen auch die zwei grossen Minenschiffe viel zu schnell folgen liess, wodurch die ganze Ordnung zerstört wurde.“

„Als diese brennende Flotte der Brücke bis auf zweitausend Schritte nahe gekommen war, zündeten ihre Führer die Luntten an, trieben die zwei

Minenschiffe in die eigentliche Mitte des Stromes, und überliessen die übrigen dem Spiele der Wellen, indem sie sich selbst auf schon bereit gehaltenen Kähnen, hurtig davon machten.“

„Jetzt verwirrte sich der Zug, und die führerlosen Schiffe langten einzeln und zerstreut bei dem schwimmenden Werke an, wo sie entweder hängen blieben, oder seitwärts an das Ufer prallten. Die vordern Pulverschiffe, welche bestimmt gewesen waren, das schwimmende Werk zu entzünden, warf die Gewalt eines Sturmwindes, der sich in diesem Augenblick erhob, an das flandernsche Ufer; selbst der eine der beiden Brander, welcher das „Glück“ hiess, gerieth unterwegs auf den Grund, ehe er noch die Brücke erreichte und tödtete, indem er zersprang, einige spanische Soldaten, die in einer nahe gelegenen Schanze arbeiteten. Wenig fehlte, dass der andere und grössere Brander, die „Hoffnung“ genannt, nicht ein ähnliches Schicksal gehabt hätte. Der Strom warf ihn an das schwimmende Werk auf der flandernschen Seite, wo er hängen blieb; und hätte er in diesem Augenblicke sich entzündet, so war der beste Theil seiner Wirkung verloren. Von den Flammen getäuscht, welche diese Maschine, gleich den übrigen Fahrzeugen, von sich warf, hielt man sie bloss für einen gewöhnlichen Brander, der die Schiffbrücke anzuzünden bestimmt sei. Und wie man nun gar eins der Feuerschiffe nach dem andern, ohne alle weitere Wirkung erlöschen sah, so verlor sich endlich die Furcht und man fing an, über die Anstalten des Feindes zu spotten, die sich so prahlerisch angekündigt hatten, und nun ein so lächerliches Ende nahmen. Einige der Verwegensten warfen sich sogar in den Strom, um den Brander in der Nähe zu besehen, und ihn auszulöschen, als derselbe mittelst seiner Schwere sich durchriss, das schwimmende Werk das ihn aufgehalten, zersprengte, und mit einer Gewalt welche alles fürchten liess, auf die Schiffbrücke losdrang.

„Auf einmal kommt alles in Bewegung, und der Herzog ruft den Matrosen zu, die Maschine mit Stangen aufzuhalten und die Flammen zu löschen, ehe sie das Gebälke ergriffen.

„Fast mit Gewalt zog ein spanischer Fähnrich den Herzog von der Brücke fort; und kaum hatte er Zeit gehabt, das Fort St. Maria am äussersten Ende der Brücke zu erreichen, so geschah hinter ihm ein Knall, nicht anders als berste die

Erde, und als stürzte das Gewölbe des Himmels ein. Wie todt fiel der Herzog nieder, die ganze Armee mit ihm, und es dauerte mehrere Minuten, bis man wieder zur Besinnung erwachte.

„Aber welch ein Anblick, als man jetzt wieder zu sich selber kam. — Von dem Schlage des entzündeten Vulkans war die Schelde bis in ihre untersten Tiefen gespalten und mit mauerhoher Fluth über den Damm, der sie umgab, hinausgetrieben worden, so, dass alle Festungswerke am Ufer mehrere Schuh hoch im Wasser standen. Drei Meilen im Umkreise schütterte die Erde. Beinahe das ganze linke Gerüste, an welchem das Brandschiff sich angehängt hatte, war nebst einem Theile der Schiffbrücke auseinander gesprengt, zerschmettert, und mit allem was sich darauf befand, mit allen Mastbäumen, Kanonen und Menschen in die Luft geführt worden.“

„Selbst die ungeheuren Steinmassen, welche die Mine bedeckten, hatte die Gewalt des Vulkans in die benachbarten Felder geschleudert, so dass man mehrere davon tausend Schritte weit von der Brücke aus dem Boden herausgrub.“

„Sechs Schiffe waren verbrannt, mehrere in Stücke gegangen. Aber schrecklicher als alles diess war die Niederlage, welche das mörderische Werkzeug unter den Menschen anrichtete. Fünfhundert, nach andern Berichten sogar achthundert Menschen wurden das Opfer seiner Wuth; diejenigen nicht einmal gerechnet, welche mit verstümmelten, oder sonst beschädigten Gliedern davon kamen.“

„Der Herzog von Parma selbst war dem Tode nie so nahe gewesen, als in diesem Augenblicke, nur der Unterschied einer halben Minute entschied über sein Leben. Kaum hatte er den Fuss in das Fort St. Maria gesetzt, so hob es ihn auf wie ein Sturmwind, und ein Balken, der ihn am Haupte und an der Schulter traf, riss ihn sinnlos zur Erde. Eine Zeitlang glaubte man ihn auch wirklich todt. — Endlich fand man ihn, die Hand an den Degen zwischen seinen Begleitern Cajetan und Guosto sich aufrichtend; eine Zeitung, die dem ganzen Heere das Leben wieder gab.“

„Doch stand das Allerschlimmste noch bevor, denn jeden Augenblick musste man von Antwerpen und Lillo aus die feindlichen Flotten erwarten, welche bei dieser schrecklichen Verfassung des Heeres durchaus keinen Widerstand würden gefunden haben. Die Brücke war auseinander ge-

sprengt und nichts hinderte die seeländischen Schiffe mit vollen Segeln hindurch zu ziehen; dabei war die Verwirrung der Truppen in diesen ersten Augenblicken so gross und allgemein, dass es unmöglich gewesen wäre, Befehle auszutheilen oder zu befolgen, da viele Corps ihre Befehlshaber, viele Befehlshaber ihre Corps vermissten, und selbst der Posten, wo man gestanden, in dem allgemeinen Ruin nicht mehr zu erkennen war. Dazu kam, dass alle Schanzen am Ufer im Wasser standen, dass mehrere Kanonen versenkt, dass die Luntten feucht, dass die Pulvervorräthe vom Wasser zu Grunde gerichtet waren. — Welch ein Moment für die Feinde, wenn sie es verstanden hätten, ihn zu benutzen!“

„Kaum wird man es dem Geschichtschreiber glauben, dass dieser über alle Erwartung gelungene Erfolg bloss darum für Antwerpen verloren ging, weil — man nichts davon wusste! — — — Man glaubte, dass das Feuerschiff ohne Wirkung und die Schiffbrücke unversehrt geblieben sei; welche Nachricht auch die ausgesandten Schiffer bestätigten, die aber ungeachtet der versprochenen Belohnung sich nicht in die Nähe der Brücke wagten. Die Antwerpner warteten mit dem Angriff bis ihre Bundesgenossen die Seeländer von Lillo aus angreifen würden, und diese warteten wieder auf die Antwerpner, welche in gänzlicher Unthätigkeit verblieben. Niemand fiel es in Antwerpen ein, dass eben die Unthätigkeit daselbst auch die Bundesgenossen irre führen musste. — Einer so ungeheuren Inconsequenz (fährt Schiller fort) konnte sich nur eine Regierung schuldig machen, die ohne alles Ansehen und ohne alle Selbstständigkeit Rath bei der Menge holt, über welche sie herrschen sollte.“

„Je unthätiger die Antwerpner sich indessen gegen den Feind verhielten, desto heftiger liessen sie ihre Wuth gegen Gianibelli aus, den der rasende Pöbel in Stücke zerreißen wollte. Zwei Tage schwebte dieser Künstler in der augenscheinlichsten Lebensgefahr, bis endlich am dritten Morgen ein Bote von Lillo, der unter der Brücke durchgeschwommen, von der wirklichen Zerstörung, zugleich aber auch von der völligen Wiederherstellung derselben bestimmten Bericht abstattete.“

„Diese schleunige Ausbesserung der Brücke war ein wahres Wunderwerk des Herzogs von Parma. Kaum hatte sich dieser von dem Schlage

erholt, der alle seine Entwürfe darnieder zu stürzen schien, so wusste er mit einer bewundernswürdigen Gegenwart des Geistes allen schlimmen Folgen desselben zuvorzukommen. Das Ausbleiben der feindlichen Flotte in diesem entscheidenden Augenblicke belebte aufs Neue seine Hoffnung. Noch schien der schlimme Zustand seiner Brücke den Feinden ein Geheimniss zu sein, und war es gleich nicht möglich, das Werk vieler Monate in wenigen Stunden wieder herzustellen, so war schon Vieles gewonnen, wenn man auch nur den Schein davon zu erhalten wusste. Alles musste daher Hand anlegen, die Trümmer wegzuschaffen, die umgestürzten Balken wieder aufzurichten, die zerbrochenen zu ersetzen, die Lücken mit Schiffen auszufüllen.“

„Der Herzog selbst entzog sich der Arbeit nicht, und seinem Beispiele folgten Officiere und Soldaten. — Mit Anbruch des Tages waren von der Verwüstung der Nacht wenige Spuren mehr zu sehen, und obwohl die Brücke nur dem Scheine nach wieder hergestellt war, so täuschte doch dieser Anblick die Kundschafter und der Angriff unterblieb. Mittlerweile gewann der Herzog Frist, die Ausbesserung gründlich zu machen, ja sogar in der Structur der Brücke einige wesentliche Veränderungen anzubringen. Um sie vor künftigen Unfällen ähnlicher Art zu verwahren, wurde ein Theil der Schiffbrücke beweglich gemacht, so dass derselbe im Nothfalle weggenommen und den Brandern der Durchlass geöffnet werden konnte.“

„Die Antwerpner, nachdem sie den glücklichen Erfolg ihres Minenschiffes in Erfahrung gebracht, huldigten nun dem Erfinder desselben eben so leidenschaftlich, als sie ihn vorher gemisshandelt hatten, und forderten sein Genie zu neuen Versuchen auf. Gianibelli erhielt nun wirklich eine Anzahl Playten, wie er sie anfangs, aber vergeblich verlangt hatte, und diese rüstete er auf eine solche Art aus, dass sie mit unwiderstehlicher Gewalt an die Brücke schlugen, und solche auch wirklich zum zweitenmale auseinander sprengten. Diesmal war aber der Wind der seeländischen Flotte entgegen, dass sie nicht auslaufen konnte, und so erhielt der Herzog zum zweitenmale die nöthige Frist, den Schaden auszubessern.“

„Der Admiral von Antwerpen liess sich durch alle diese Fehlschläge keineswegs irre machen. Er rüstete aufs Neue grosse Fahrzeuge aus, welche

mit eisernen Haken und ähnlichen Instrumenten bewaffnet waren, um die Brücke mit Gewalt zu durchrennen. Aber wie es nun dazu kam, solche auslaufen zu lassen, fand sich Niemand, der sie besteigen wollte. Der Künstler musste daher darauf denken, seinen Maschinen von selbst eine solche Richtung zu geben, dass sie auch ohne Steueremann die Mitte des Wassers hielten, und nicht wie die vorigen dem Ufer zugetrieben würden. Einer von seinen Arbeitern, ein Deutscher, verfiel, wenn man anders dem Strada nacherzählen darf, auf eine sonderbare Erfindung: Er brachte ein Segel unter dem Schiffe an, welches eben so von dem Wasser, wie die gewöhnlichen Segel von dem Winde angeschwellt wurde, und auf diese Art das Schiff mit der ganzen Gewalt des Stromes fortreiben konnte. Der Erfolg lehrte auch, dass er richtig gerechnet hatte, denn dieses Schiff mit verkehrten Segeln folgte nicht nur in strenger Richtung der eigentlichen Mitte des Stromes, sondern rannte auch mit solcher Heftigkeit gegen die Brücke, dass es dem Feinde nicht Zeit liess, diese zu eröffnen, und sie wirklich auseinander sprengte.“

Welche Umstände mussten hier zusammenwirken, dass diese wichtigen Unternehmungen keine weitem Folgen hatten. Ein unter der Pöbelherrschaft stehender Magistrat, welcher den, obgleich nur theilweisen, dennoch über alle Erwartung gelungenen Erfolg nicht zu benützen verstand, ein nachlässiger oder auf den Ruhm Gianibelli's eifersüchtiger Admiral, ein plötzlich entstandener Sturm, oder später ein entgegengesetzter Wind, welcher der seeländischen Flotte das Auslaufen nicht gestattete, ein kaltblütiger, energischer, tapferer feindlicher General, wie bald keiner, welcher den Schaden so gut wie möglich in der unerhörtesten Geschwindigkeit im Laufe derselben Nacht, obwohl nur zum Scheine, auszubessern verstand, was aber hinlänglich war, die Antwerpner irre zu führen, und ihm Zeit verschaffte, die Ausbesserung vollkommen zu bewerkstelligen. — Versetze man nach Antwerpen einen solchen Anführer wie den Herzog von Parma, welcher die Umstände zu benützen versteht, eine tapfere gehorsame Besatzung, einen redlichen und energischen Admiral und den Tod des gleichsam nur durch eine höhere Schickung denselben entrissenen feindlichen Anführer: wie ganz anders hätte sich der Erfolg gestaltet! —

Diesemnach wird jeder Unbefangene erkennen, dass die aus so namhaftem Erfolg nicht benutzte Gelegenheit nicht dem Ingenieur Gianibelli, noch seinen so sinnreich ausgeführten Sprengmaschinen, sondern nur den angeführten ungünstigen, von ihm nicht abhängenden Umständen beigemessen werden kann. Gianibelli konnte durch sein Genie so wenig Antwerpen wie Ar-

chimed es Syracus retten; dennoch wurde sowohl durch seine Mitwirkung, als die fernere tapfere Vertheidigung der Einwohner, an deren Spitze der würdige Bürgermeister St. Adelgonde stand, Antwerpen noch bis zum 15. August 1585 behauptet, an welchem Tage die Uebergabe an den Herzog Alexander von Parma erfolgte.

Strassen.

§. 298.

Die Lage und Umgebung der Strassen geben dem aufmerksamen Mineur die Punkte zu erkennen, welche demolirt oder unwegsam gemacht werden sollen. Diese Punkte sind gewöhnlich an den Brücken, steilen, felsigen Abhängen, engen Hohlwegen oder Pässen. Auf welche Art die Brücken demolirt werden, ist bereits vorgetragen. Bei Strassen an steilen Abhängen wird eben so vorgegangen, wie bei der Demolirung der Escarpemauern. Man bricht entweder von aussen der Bergabhänge mit einer Galerie von 3' 6" Höhe, 2' 6" Breite senkrecht auf die Strassenflucht ein, wendet sich an der inwendigen Strassenseite, oder nach Umständen in einer mehr oder mindern Länge mit Zweigen von 3' Höhe und 2' Breite rechts und links, verdämmt nur die Einbruchsgalerie, lässt die Wendungen unverdämmt und ladet und zündet sie wie bekannt. Oder man teuft Brunnen von der innern Strassenseite, bei hinlänglichem Raume auch weiter entfernt ab, wenn die Aussenseite zu steil oder unzugänglich ist, und geht mit Rechts- und Links-Wendungen, Verdämmung und Zündung wie vorher vor.

Felsige, zwischen steile Wände eingeschlossene Hohlwege oder Pässe werden auf ähnliche

Art unwegsam gemacht, indem man in angemessenen Höhen an ihren beiderseitigen Wänden Einbrüche mit Rechts- und Linkswendungen herstellt. Damit aber die gesprengten Felsen sich nicht zu sehr zersplittern, vielmehr grössere und schwerere wegzuschaffende Massen in den Hohlweg werfen, sucht man grössere W. L. zu erhalten, gibt zur Ladung nur $1\frac{1}{4}$ statt der $1\frac{1}{2}$ fachen der gewöhnlichen, lässt die Zweige, und wenn keine Zeit vorhanden, auch die Einbruchsgalerien unverdämmt. Die grossen Steinmassen rollen ohnehin bei einer auch nicht sehr heftigen Erschütterung die steilen Wände hinab, und wenn sie hängen bleiben, so kann man leicht nachhelfend ihren Fall in den Hohlweg bewirken, oder es dem nachrückenden Feinde überlassen, die gefahrdrohenden Blöcke selbst herabzustürzen.

§. 299.

Werden diese Vorrichtungen gleich bei der Erbauung der Strassen hergestellt, so sind die Einbrüche mit einer 1' oder 1' 6" dicken Mauer abzuschliessen, die Brunnen, oben verengt, mit einer schweren Deckplatte zu bedecken und die betreffenden Obrigkeiten zur Ueberwachung derselben aufzufordern, damit sie böses oder verdächtiges Gesindel nicht zu ihren Schlupfwinkeln benützt.

Wasserbrunnen.

§. 300.

Wasserbrunnen, in Erde ausgearbeitet und mit Steinen oder Ziegeln verkleidet, werden eingestürzt, wenn man 2' bis 3' über dem Wasserstand nach der Verlängerung zweier aufeinander senkrechten Durchmesser Einbrüche durch die Verklei-

dungsmauer macht, rückwärts derselben an der nämlichen Seite, d. i. entweder durchaus rechts, oder durchaus links die Pulverkästen mit 15 bis 20 Pfd. Pulver geladen legt, die gerade einander gegenüberliegenden verdämmtten Einbrüche gegenseitig verspreizt und vom Mittelpunkte aus gleichzeitig zündet.

Oder man errichtet aus zwei starken Balken ein Quergerüst, welche Balken nahe oberhalb des Wasserspiegels in die Mauer eingelassen werden, setzt auf dieses Gerüst einen Pulverkasten mit beiläufig 2 Zentner Pulver und zündet.

Mangelt es an der Zeit, so wird ein bis nahe an die Wasseroberfläche gehangenes Pulverfass mit

ebenfalls 2 Zentner Pulver geladen, dieselben Dienste leisten.

Sollte bei tiefen Wasserbrunnen die Verkleidungsmauer ob ihrer Verbindung mit dem umgebenen Erdreich nicht gänzlich einstürzen, so wird weiter aufwärts an der stehen gebliebenen Mauer auf dieselbe Art verfahren.

C i s t e r n e n.

§. 301.

Diese werden eben so wie die Pulvermagazine demolirt.

Wird aber eine Zerstörung angeordnet, dass auch die Grundfesten zu einem fernern Gebrauch nicht mehr geeignet sind, so teuft man an der

Aussenseite der Cisterne einen Brunnen ab, führt von der Sohle desselben einen Zweig bis unter den Mittelpunkt oder die Mitte der Cisterne, und gibt nach den Regeln der stark geladenen Minen eine dergestalt starke Ladung, dass diese Absicht erreicht wird.

P a l i s s a d e n.

§. 302.

Palissaden werden gewöhnlich von den Zimmerleuten umgehauen. Soll der Umsturz derselben aber rasch vor sich gehen, so muss der Mineur daran, welcher also vorgeht:

Damit die Kraft des Pulvers in den Zwischenräumen der Palissaden nicht den grössten Theil der Wirkung verliert, lehnt man starke Breter an den Fuss derselben; an diese Breter werden 25pfündige Pulversäcke, wovon jeder mit einer Zündwurst von der nöthigen Länge versehen ist, auf

die Länge der beabsichtigten Einsturzlinie neben einander, und zu zwei übereinander gelegt, sodann sämtliche Zündwürste mit einem Lauffeuer verbunden, und von der Mitte mittelst eines in der Zündwurst angebrachten Luntens oder Feuerchwamms gezündet.

Hat man noch hinlängliche Zeit, so können die Pulversäcke mit Sandsäcken überdeckt werden, um eine grössere Wirkung zu erreichen, jedoch müssen alsdann die Zündwürste so lang sein, dass sie über diese Bedeckung hervorragen, um sie mit dem Lauffeuer verbinden zu können.

T h o r e.

§. 303.

Man sprengt die Thore durch Petarden, wie in der Befestigungskunst gelehrt wird; auch durch Pulversäcke, welche wo möglich an der Mitte der Thorhöhe aufgehängt, oder auf eine in der Geschwindigkeit aufgerichtete leichte Bank gelegt werden, wornach wie bei dem Einsturz der Palissaden vorgegangen wird. Zur Pulverladung wer-

den je nach der Stärke des Thores 2 bis 4 Pulversäcke zu 25 Pfd. Pulver für jeden nothwendig, wenn eine Bedeckung mit Erdsäcken Statt findet, und 4 bis 6, wenn dieselbe nicht angebracht werden kann. Ist das Thor in seinem Thorgehäuse mit Mist, Erde und dergleichen verrammelt, so dürfte jeder Versuch, dasselbe einzustürzen, erfolglos sein.

Stein- und Felsensprengung unter dem Wasser.

§. 304.

Das Steinsprengen unter dem Wasser wird um

so schwieriger, je grösser die Wassertiefe ist, und je mehr die Gewässer durch Strömungen oder

Wellenschlag in Bewegung gesetzt werden; weil aber in gewöhnlichen Fällen nur jene Felsen oder Steine gesprengt werden, welche der Schifffahrt hinderlich oder gefährlich sind, mithin unter keiner beträchtlichen Wassertiefe liegen, so ergibt sich die Möglichkeit, mittelst einer Stauvorrichtung, die bis auf den Grund reicht, der Strömung und dem Wellenschlag zu begegnen, wodurch rückwärts dieser Vorrichtung ein ruhiges Wasser erhalten wird.

Hängt man nun in diesem ruhigen Gewässer einen gut befestigten und verankerten Floss an, welchem man so viel leere Zwischenräume zur Bohr- und Sprengarbeit lässt, als sein Tragvermögen hiezu erlaubt, so kann auf selben diese Arbeit vorgenommen werden.

Wie und auf welche Art hierbei vorzugehen ist, wird am anschaulichsten aus der in neuerer Zeit vorgenommenen Sprengung des Lochsteins und anderer Untiefen am Bingerloche im Rheine zu entnehmen sein, welches Verfahren hierbei den Mineur in den Stand setzt, die gehörigen durch Erfahrung geprüften Mittel anzuwenden, um bei ähnlichen Gelegenheiten mit Erfolg vorzugehen.

Diesemnach wird man das Wesentlichste aus dieser Steinsprengung unter dem Wasser mit den nöthigen Bemerkungen anführen und verweist hinsichtlich des ausführlichen Verfahrens hierbei auf das in Koblenz bei Carl Bädecker im Jahre 1834 erschienene Werk: „Die Felsensprengungen im Rheine bei Bingen, zur Erweiterung des Thalweges im Binger-Loche, von F. von Bergh, königl. preussischen Wasserbaumeister.“

§. 305. (Fig. 150. 158. Taf. XIII.)

Ungefähr eine halbe Stunde abwärts von Bingen wird, Fig. 150, der Rhein durch querdurchlaufende aus Uebergangs-Quarzfels bestehende, mehr oder minder über das mittlere Wasser emporragende Klippen gleich einer Wehre durchschnitten und gestaut, über welche der Thalweg als Fahrbahn für die Schiffe in einer schmalen Rinne, dicht am rechten Ufer zwischen diesem und dem Lochsteine (2) sich zieht und das Bingerloch genannt wird.

Bei solcher örtlichen Lage konnte es nicht fehlen, dass die frühern Beherrscher dieser Rhein-

strecke den Wasserpässen benutzten, um einen Zoll von den hier durchfahrenden Schiffen zu erheben, zu welchem Zwecke sie die nun in Ruinen zerfallene feste Ehrenstein am rechten Ufer, so wie den Mäusethurm auf einer Rheininsel, welche beide den Pass beherrschen, errichteten. Es lag unter diesen Umständen sowohl im Interesse der Herrscher, so wie in jenem der Schiffer und Handelsleute, welche den Rhein befuhren, der Durchfahrt durch das Bingerloch eine solche Breite und Tiefe zu geben, dass beim mittleren Wasserstande des Rheins auch die grössern Rheinschiffe belastet hier durchfahren konnten. Diese Erweiterung wurde zwar in dem Laufe mehrerer Jahrhunderte theilweise bewerkstelliget, demungeachtet blieb die Durchfahrt durch das Bingerloch für die Schifffahrt noch äusserst gefährlich, und je gefährlicher, je kleiner der Wasserstand wurde; die Strömung nahm in dem Masse zu, als das Wasser durch die vorragenden Klippen sich immer mehr staute, und sein Abfluss fast nur auf das Bingerloch und zwischen die nahen Klippen daselbst beschränkt wurde.

Die Folge davon war eine Geschwindigkeit von 11 Fuss, welche die Thalfahrt gefährlich und die Bergfahrt fast unmöglich machte.

Das grösste Hinderniss der Schifffahrt blieb immer der Lochstein, Fig. 158, welcher bei kleinem Wasserstande an seinem obern Theile die Fahrbahn auf 12 bis 13 Fuss, am untern auf 27 bis 28 Fuss einschränkte; und da die grössern Rheinschiffe 20 Fuss am Boden breit sind, so war bei diesem Wasserstande, ungeachtet der Lochstein sich abflachte, für grössere Rheinschiffe die Durchfahrt gehemmt, und nur mehr für kleinere möglich.

Diesem Gebrechen zu Gunsten der Rheinschifffahrt abzuhelpen, ward von dem damaligen König von Preussen, Friedrich Wilhelm III., sowohl die Absprengung des Lochsteins, als auch der umliegenden, der Schifffahrt hinderlichen Klippen angeordnet. Die Sprengung derselben begann in dem Jahre 1829 und endete im Jahre 1831. Die Durchfahrt wurde, bei der nöthigen Tiefe, auf 210 Fuss Breite, also ungefähr auf das Zehnfache des früheren Fahrwassers erweitert.

§. 306.

Im Allgemeinen wurde das Verfahren zur Richtschnur genommen, welches man bei der Spreng-

gung der Felsen im Donau-Strudel anwandte, mit dem Unterschiede jedoch, dass im Donau-Strudel die Arbeit begann, wenn die Schifffahrt aufhörte, hingegen im Rheine nur gearbeitet werden kann, als die Schifffahrt im Gange ist, indem zur Zeit der Hochwasser im Winter und bei Eisgängen keine Arbeit als möglich erachtet wird. Man musste daher darauf denken, die Staumaschine und Arbeitsgerüste so einzurichten und anzulegen, dass dadurch nicht allein das Bingerloch nicht verengt, oder wohl gar versperrt wurde, sondern dass solche auch noch ausserdem möglichst schnell und zu jeder Zeit wieder abgefahren werden konnten, wenn es die Umstände nöthig machten; — und da nicht bei allen Wasserständen die Arbeiten betrieben werden konnten, so wurde für selbe die grösste Höhe auf 6' Fahrtiefe im Bingerloche angenommen, bei welchem Wasserstande die höchste Stelle des Lochsteines noch 3' überronnen wurde.

§. 307. (Fig. 151 und 152 Taf. XIII.)

Nach besagter Vorbestimmung wurde Fig. 151 und 152 zur Staumaschine ein wasserdichter Kasten nach einem im Grundriss gleichschenkligen Dreiecke B, C, D erbaut, dessen Grundlinie C D = 21' 3" und Höhe B B' = 14' 0" mass.

Die Höhe der Wände betrug vorne 10', rückwärts 9', ragten somit mindestens 3' bis 4' über dem Wasserspiegel empor; und damit der Boden des Kastens durch die Unebenheiten des felsigen Flussbettes nicht beschädigt werden konnte, wurde er 2' über den untern Rand der Wände erhoben, so zwar, dass der Kasten nur mit seinen Wänden auf dem Grunde aufsass. Um das ruhige Wasser auf eine grössere Breite zu gewinnen, verlängerte man die Seitenwände nach C E und D F um 5'.

Damit der Kasten vor- und rückwärts durch Auf- oder Abwicklung des Kabeltaues, an welchem er vor Anker lag, bewegt werden konnte, ward zu diesem Behufe ein Haspel auf dem Verdecke aufgestellt; und um ihn nach Erforderniss mit Wasser füllen und auf den Grund zu senken, oder durch Auspumpung desselben wieder heben und flott zu machen, waren innerhalb desselben mehrere Pumpen an der rückwärtigen Wand C D angebracht. An dieser Wand sollte im ruhigen Wasser ein Floss 1, 2, 3, 4 aus dreifach übereinander gelegten Baumständen 28' lang und 18' breit in der erforderlichen Lage mit Seilen angehängt werden.

Zur Bohrarbeit wurde eine 10' lange und 10' breite Oeffnung gelassen, welche jederzeit durch Wendung des Flosses mit Beihilfe der am Ufer aufgestellten Winden und Seile über die zu bohrende Fläche des Felsens gestellt werden konnte, wodurch man hoffte, 4 Bohrschüsse anbringen und gleichzeitig zünden zu können.

Allein der Versuch mit dieser Vorrichtung selbst an einer Stelle, wo die Strömung des Rheins nur unbedeutend gewesen, entsprach den gehegten Erwartungen nicht.

Die grosse rückwärtige Breite C D des Kastens von 21' 3" welche $\frac{3}{2}$ der Länge B B' von 14' betrug, bewirkte ein dergestaltetes Stauen und einen so heftigen Andrang des Wassers gegen denselben, dass das stärkste Kabeltau kaum hinreichte, dieser Kraft zu widerstehen; jede Wendung oder Bewegung des Kastens war unmöglich. Es war daher leicht vorauszusehen, dass bei der heftigen Strömung im Bingerloch diese Maschine nicht anzuwenden sein würde.

Man musste also auf eine andere Stauvorrichtung denken, die dem Andrang des Wassers leichter zu widerstehen vermochte, was durch einen spitzeren Winkel bei B, durch eine verkürzte rückwärtige Wand C D und grössere Länge B B' erzielt wurde. Zur leichtern Bewegung und Handhabung nahm man statt Eichenholz weiches Tannengeholz, und zu den Wänden und dem Boden einzöllige weiche Bretter. Auch wurden die Wände erhöht.

Aus der Verminderung der Breite der Staumaschine folgte auch jene des Flosses.

Ein anderes ungünstiges Ereigniss trat bei der Ueberfuhr und Aufstellung des Flosses ein, indem zwischen den 3 Balkenlagern sich so viel Schlamm ansetzte, dass der Floss bei einer Dicke von 3' 3" anfänglich bis auf 3' tauchte, späterhin aber kaum aus dem Wasser emporragte, wodurch die fernere Manipulation mit ihm in dieser Zusammensetzung sehr mühsam und gefährlich wurde.

Diesem Gebrechen abzuhelpen wurde ein anderer 14' breiter, 28' langer Floss, aus elf $\frac{10}{12}$ zölligen, 4 bis 6" voneinander entfernten, einfachen Balken, und der zum Bohren nothwendigen Oeffnung von 10' in Quadrat angefertigt.

Selbst dieser Floss wurde späterhin im Laufe der Arbeit noch vereinfacht, und nach M, N, O, P Fig. 151 und 152 auf die unentbehrlichsten fünf

Längenbalken, wobei der mittlere sich verschieben liess, beschränkt, dafür aber auf 38' verlängert, wodurch man nicht nur vermöge der vielen Oeffnungen mehr Freiheit zur Anbringung der Bohrlöcher gewann, sondern auch den Floss nicht mehr so oft zu bewegen brauchte wie vorher, um die 10' weite Oeffnung über die beabsichtigten Bohrlöcher zu bringen. Damit derselbe die gehörige Tragbarkeit erhielt, wurde er vorne an den Staukasten befestiget, und an seinen beiden rückwärtigen Enden von zwei grossen Nachen getragen, zu welchem Behufe Ringe r an den äussern Flossbalken angebracht waren; endlich bedeckte man ihn zur Manipulation mit den nöthigen Brettern.

§. 308.

Um den Staukasten an seinem gehörigen Orte aufstellen zu können, wurde am Ufer die Richtung, in welcher er zu versenken kam, ausgesteckt, sodann quer über das Bingerloch ein Seil gespannt, und seine Entfernung vom Ufer angemerkt.

In die richtige Lage gebracht, wurde er verankert, befestiget und versenkt.

Die Versenkung geschah theils durch Bruchsteine von 5 bis 50 Pfd. Schwere, welche in Nachen in Bereitschaft lagen, theils mittelst Einpumpen des Wassers, dergestalt, dass der Staukasten bei seinem Sinken eine möglichst wagrechte Lage beibehielt, mithin gleichförmig sank. Mit 500 Kub. Fuss Steinen und dem gleichzeitigen Wasserpumpen sass der Kasten fest auf dem Grunde. Nachdem man es zur Erzielung der wagrechten Lage und überhaupt zweckmässiger fand, denselben mit festem schwerem Materiale statt mit Wasser zu tauchen, so wurden abermals 200 Kub. Fuss Steine eingeladen und das überflüssige Wasser wieder ausgepumpt.

In Folge der an beiden Seitenwänden des Staukastens durch das starke Gefäll von 1' 9" auf 25' hervorgebrachten heftigen Strömung konnten die mit Bruchsteinen beladenen Nachen mit grosser Gefahr nur dicht oberhalb der Ankerseite, oder unterhalb des Kastens anfahren.

Die Gewalt dieser Strömung war so heftig und gefährlich, dass der mit der Ausführung beauftragte Wasserbaumeister für künftige Fälle bei der Versenkung des Staukastens alle nur mögliche Vorsicht dringend anempfiehlt.

Sobald der Kasten fest aufsass, entstand rückwärts desselben nach seiner ganzen Breite eine fast wagrechte Wasserfläche auf mehr als 100 Fuss Länge; und obwohl derselbe durch die heftige wellenförmige Bewegung an seinen beiden Seiten stark in sich selbst erschüttert wurde, so wirkte diese Erschütterung nicht im geringsten nachtheilig auf die auszuführenden Arbeiten. Die Wirkung der Staumaschine war daher im höchsten Grade erwünscht zu ihrem Zwecke.

Nach Aufstellung des Staukastens ward auch der Arbeitsfloss eingerichtet und zur Bohrarbeit geschritten.

§. 309. (Fig. 153, 154 und 155 Taf. XIII.)

Die Bohrlöcher wurden alle auf gleiche Tiefe, nämlich 1' unter der Fahrbahn im Bingerloch auszuarbeiten angetragen, indem vor auszusehen war, dass nach dem Sprengen mehrere Theile zwischen den Bohrlöchern über den Boden derselben vorragen würden, wodurch die Nacharbeit bei geringerer Tiefe der Bohrlöcher sich unverhältnissmässig vermehrt hätte.

Zur genauen Bestimmung der Tiefe dieser Bohrlöcher wurde ein fester Punkt am Lande errichtet, von welchem jederzeit ausgegangen werden musste. Es war somit das Mittel gegeben, die hohen abzuspriegenden Punkte aufzufinden. Diese einmal bestimmt, versenkte man auf dem Grunde der zu bohrenden Stelle einen gusseisernen Klotz, der Leiter genannt, von 14" in Quadrat, und 8 Zoll hoch, in der Mitte mit einer runden Oeffnung von 4½ Zoll im Durchmesser, welche Oeffnung dazu dienen sollte, den Bohrer immer auf dieselbe Stelle zu bringen.

Zum Bohren der Löcher waren 7' bis 9' lange, 1" 4" starke Meisselbohrer mit 1" 9" bis 2" breiten Schneiden vorgeschlagen, welcher Trichterbohrer auf 2" bis 3" Tiefe vorarbeiten sollte. Allein weder die Leiter noch die Trichterbohrer entsprachen; erstere nicht, weil sie bei dem abhängigen und glatten Felsengrund gewöhnlich eine zu schiefe Lage annahmen und durchaus nicht auf derselben Stelle liegen blieben; letztere nicht, weil es nicht möglich war, mit dem Bohrer immer dieselbe Stelle zu treffen, und die Bohrspitze auf der glatten Oberfläche beständig nach den tiefern Stellen abgleitete*).

*) Um immer dieselbe Stelle mit dem Bohrer auf dem Boden zu treffen, darf der Mineur nur eine ähnliche Vorrichtung

Anstatt der zum Verbohren auf 3 bis 4 Zoll Tiefe bestimmt gewesenen schweren Trichterbohrer wurden gewöhnliche zweischneidige, jedoch sehr hoch geformte Kronenbohrer Fig. 153 angewandt, und um die glatte Oberfläche des Felsens etwas rauh zu stossen, damit dieser Bohrer nicht abgleite, bediente man sich Fig. 154 des sehr schweren, breiten und an seinen Schneiden stumpfen Kronenbohrers, Stampfer genannt.

Auch die Meisselbohrer, mit welchen die Löcher in ihrer Tiefe eigentlich ausgearbeitet werden sollten, erwiesen sich nicht vortheilhaft, indem die freistehenden Ecken sich häufig festklammerten, und bei der grossen Festigkeit des Gesteins in sehr kurzer Zeit abstumpften. Im Laufe der Arbeit wurden daher ebenfalls zweischneidige Kronenbohrer nach Fig. 155 von 40 bis 50 Pfd. Schwere mit gutem Erfolge angewendet.

Eine namhafte Verzögerung bei den Bohrlöchern bewirkte der im ruhigen Wasser, besonders gleich hinter dem Staukasten sich anhäufende Sand und kleiner Kies, womit die Bohrlöcher, während der Bohrer aus dem Loche genommen wurde, alsogleich sich anfüllten. Eine 4 Zoll weite Blechröhre, welche unten bis zur Weite des Bohrloches sich verengte, und 6 Zoll über das Wasser emporragte, fest in dasselbe eingetrieben, und durch welche Röhre der Bohrer hinabgelassen wurde, entsprach nicht der Erwartung, vermehrte wohl noch das Uebel, indem der feine Sand dennoch durch die kleinen Oeffnungen drang, welche zwischen dem Blech und der Mündung des Bohrloches verblieben. Nebstbei blieb auch das Bohrmehl im Loche liegen, so dass der Sand, das Bohrmehl und der Bohrer kaum heraus gebracht werden konnten.

Indem die stärkste Anhäufung des Sandes zunächst der Staumaschine stattfand, so half man sich endlich dadurch, den Staukasten mehr oberhalb der zu sprengenden Stelle zu versenken, so zwar, dass in dessen unmittelbarer Nähe zu bohren gar nicht nöthig war. Dieses alleinige Mittel reichte hin, das besagte Hinderniss fast gänzlich zu heben.

mittelst Bretter mit runden 3'' bis 4'' weiten vertical übereinander liegenden Oeffnungen, durch welche der Bohrer läuft, anbringen. Vorausgesetzt, dass der Boden früher rauh gemacht wird.

Der angegebene Förgang bei der Bohrarbeit mag mit geringen Abänderungen wohl meistens stattfinden, nicht also die Art zu laden, zu verdämmen und zu zünden, oder mit einem Worte „zu sprengen.“

§. 310.

Der Autor führt aus mehreren andern drei in der Ausführung bewährte Arten zu sprengen mit den Ursachen an, warum das eine und andere Verfahren nicht, wohl aber das bisherige Verfahren bei den Sprengungen im Rheine anwendbar schien. Man gibt dieselben, wie die Gründe dagegen und dafür, in Kürze, so weit es nöthig ist:

1. Das Verfahren bei der Steinsprengung in der Alle:

Es bestand darin, das Bohrloch oben trichterförmig zu erweitern, eine hölzerne Röhre einzukeilen, mit einem Schwamme das Wasser auszusaugen und sie auszutrocknen, dann wie gewöhnlich zu laden, verdämmen und zu zünden.

Dieses Verfahren, als das wohlfeilste, ist nur dann anwendbar, wenn das Gestein nicht zerklüftet ist, weil sonst das Wasser wieder in die Röhre eindringt. Bei dem Quarzfelsen war eine solche Zerklüftung allerdings vorzusetzen, mithin dieser Vorgang nicht anwendbar.

2. Das Verfahren, welches bei der Felsensprengung im Donaustrudel angewandt wurde.

In eine blechere Röhre, welche in das Bohrloch passte, wurde die Ladung eingebracht, ein zur Zündung durchlöcherter hölzerner Keil aufgesetzt, und durch eine schwere Eisenstange niedergehalten.

Hierdurch wird wohl das Eindringen des Wassers zur Ladung abgehalten, allein man befürchtete, dass zwischen der blechernen Pulverpatrone und dem Rande des Bohrloches ein mehr oder minder leerer Raum bliebe, der die Wirkung des Schusses beeinträchtigte *), daher man diese Methode

*) Die Erfahrung zeigte, dass diese Besorgniss ungegründet gewesen, und dass, wenn wirklich ein leerer Raum zwischen der Patrone und der Bohrlochsfläche bliebe, derselbe leicht mittelst eines langen Trichters, wie in der Folge wirklich geschah, mit Sand ausgefüllt werden kann.

nur für den weichen Kalksteinfelsen am Donaustrudel, nicht aber den Quarzfelsen anwendbar hielt.

„Auch ist die beständige Umarbeitung des untern Theils der aufsitzenden Eisenstange, und die richtige Anfertigung der Keile, so dass der Zünder immer genau durchgeht, und bei dem Einbringen nicht beschädigt, also wirkungslos wird, sehr umständlich *).

3. Die bei den Sprengungen der Felsen im Rheine bisher angewandte Art, nämlich: eine blechene Röhre von der Weite des Bohrloches in dasselbe einzusetzen, worin eine, die Ladung enthaltende Büchse (Patrone), an die oben ein ganzes dünnes Röhrchen zum Einlassen des Zünders (und Einführung der Ladung) angelöthet ist, eingesetzt wird; hiernächst den leeren Zwischenraum mit einer Thon- oder Sandbesetzung auszufüllen (verdämmen) und dann anzuzünden.“

„Auch sollte der Raum zwischen der Wand des Bohrloches und der äussern Röhre bei warmer Witterung durch einen Taucher mit einer Mischung von Werg und Thon ausgefüllt und festgedrückt werden.“

Anstatt der äussern Blechröhre eine von Erlen- oder Rüsternholz anzuwenden, hielt man nicht für rathsam, weil bei der Festigkeit des Quarzfelsens zu befürchten stand, dass die hölzerne Röhre eher ausspränge als die Steine abgelöst würden. Aus demselben Grunde wurde auch nicht in Vorschlag gebracht, die wohlfeilste Art anzuwenden, nämlich mit Hinweglassung der äussern Blechröhre die Ladebüchse in das Bohrloch zu setzen, mittelst einer Röhre den übrigen Theil des letztern mit Sand zu verdämmen, und wie vorher die Pulverladung durch die Leitröhre einzuführen und zu zünden.

Nach diesen Beobachtungen blieb daher nichts übrig, als die äussern Blechröhren, wie sie bisher zu den Steinsprengungen im Rheine gebraucht wurden, ungeachtet ihrer Kostspieligkeit, anzuwenden.

Diesem gemäss wurde nun vorgegangen. Allein in der Ausführung ergaben sich manche Schwierig-

keiten, die nur durch mehrfällige Versuche beseitigt werden konnten.

Die hauptsächlichsten zeigten sich bei der Einführung der Pulverladung durch die enge Leitröhre, und bei der Zündung, indem das Feuer nur höchst ungewiss, und meistens gar nicht zur Ladung gelangte.

Die Einbringung des Pulvers durch das enge 2^{1/2} weite Leitrohr in die Patrone, war, ungeachtet man das feinste Jagdpulver dazu nahm, nicht möglich, indem dasselbe alle Augenblicke sich verstopfte; es musste daher die Blechröhre mit ihrer Patrone ausgehoben und durch das Leitrohr, unter beständigem Klopfen und Rütteln geladen werden. Bei dem Ausnehmen der Blechröhre fand man den Sand so fest zwischen dieser und der Wand des Bohrloches eingelagert, dass sie nur durch Anwendung von Hebeln herausgehoben werden konnte. (Ein günstiger Umstand, welcher die Ausfüllung des Zwischenraumes von Röhre- und Bohrloch durch Sand unnöthig machte.) Während des Ladens wurden am Flosse die Taue, womit er an dem Senkkasten befestigt ist, gelöst und derselbe nach der Zündung etwas abwärts getrieben, um die abgesprengten Steine mit grossen Rechen und Steinzangen beseitigen oder in Nachen heben und verführen zu können.

Der grössern Wirkung wegen wurden immer mehrere Bohrschüsse zur gleichzeitigen Zündung vorgerichtet.

Als nun sechs Bohrlöcher geladen und zur gleichzeitigen Zündung die Anordnung getroffen war, wurde auf gewöhnliche Art gezündet.

Allein nur ein Schuss ging los, die andern fünf versagten, und das Feuer war nur 1 Fuss in die Leitröhre gedrungen, bis wohin sie aufgerissen und zum Theil aufgerollt waren. Man liess die zerrissenen Enden der Leitröhren, welche fast auf dieser Länge und der äussern blechenen Röhren hervorragten, abschneiden, und hiernächst von den fünf Schüssen, welche versagt hatten, zuerst zwei in der vorhin beschriebenen Weise wieder verbinden und gemeinschaftlich zünden, wornach beide Schüsse auch gleichzeitig losgingen. Alsdann wurden ebenfalls wieder zwei Schüsse entzündet, wovon nur einer losging und der andere versagte, welches auch bei wiederholten Versuchen der Fall war. Diese Unsicherheit der Feuerführung wiederholte sich sehr oft. Man ver-

*) Nach diesem musste die eiserne schwere Stange ebenfalls zur Aufnahme der Feuerführung durchlöchert sein, und hermetisch in den Keil eingreifen, oder der Keil über die Oberfläche des Wassers emporragen.

suchte nun, anstatt die Leitröhre mit feinem Pulver zu füllen, Zündschnüre (Stupinen) einzulegen; aber auch diese misslangen, obwohl man die Leitröhre erweiterte und Löcher in selbe einfeilte, um den Zudrang der atmosphärischen Luft zu begünstigen. Das Feuer drang immer nur höchstens bis $3\frac{1}{2}$ Fuss in die Leitröhre*).

Nach vielfachen Versuchen konnte dennoch kein verlässliches Mittel aufgefunden werden, wodurch das Feuer schnell und gleichzeitig in alle Ladungen gelangte, was zur Schlussfolge führte:

„Dass die Leitung des Feuers durch eine blechene Röhre von 2 bis 4“ Durchmesser nur dann mit einiger Sicherheit stattfinden könne, wenn diese Röhren nicht über 3 Fuss Länge hat, indem bei allen Versuchen das Feuer nur höchstens bis auf $3\frac{1}{2}$ Fuss weit in die Röhre hineinschlug.“

Endlich stellte sich das nachfolgende praktisch bewährte Verfahren als das sicherste und zweckmässigste heraus, welches auch für die ganze Dauer der Arbeit beibehalten wurde.

§. 311. (Fig. 156, 157. Taf. XIII.)

„Die Pulverbüchse (Patrone) a, Fig. 156, welche in die äussere $1\frac{5}{8}$ Zoll weite blechene Röhre b b hineingeschoben wird, und daher genau in dieselbe passen muss, wird stark $1\frac{2}{3}$ Zoll weit aus Blech (auf $\frac{1}{3}$ der Bohrlochshöhe) gefertigt; unten ist dieselbe zum Einfüllen des Pulvers offen und mit einem Deckel h, dessen $1\frac{1}{2}$ Zoll breiter Rand in die Büchse geschoben wird, versehen, wie solches die Zeichnung angibt. Oben auf der Pulverbüchse bei c ist die Leitröhre c d, welche $2\frac{1}{2}$ “, höchstens 3“ lang, $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ “ weit, aus verdoppeltem Bleche gefertigt ist, und wodurch eine Zündschnur (Stupine) gezogen wird, daran befestiget. Am Ende dieser Leitröhre bei d, wo dieselbe aus dem Lehmbesatze (der Verdämmung) e e hervorragt, ist eine Leitung von Papierhülsen d f Fig. 157, worin sich ebenfalls eine Zündschnur befindet, und welche eine solche Länge erhielt, dass sie oben aus der äussern Röhre b b noch vorragt, aufgesetzt. Um sie

gegen das Zerreißen zu schützen, ist der Faden g g daran befestiget.“

„Die Zusammenstellung so wie die Verbindung der einzelnen Theile, woraus die Ladung besteht, wurde in folgender Art und Reihenfolge ausgeführt:

„Zuerst wird eine starke Zündschnur in die an der Pulverbüchse befindlichen Leitröhre c d eingezogen und befestiget, indem sie am untern Ende bei c mit einigen Knoten versehen, dann oben angezogen, umgelegt, und mit einem Zwirnfaden etwas angebunden wird. Alsdann wird die Papierleitung, worin bereits die Zündschnur sich befestiget, zu beiden Enden etwas vorragen muss, etwa $1\frac{1}{2}$ “ weit darauf geschoben, indem das Ende der Zündschnur ebenfalls nach aussen umbogen wird, so dass es ausserhalb der Blechröhre c d verbleibt. Hierauf wird die aufgeschobene Papierleitung mit einem Faden an das Leitrohr fest angebunden, und dieser alsdann längs der ganzen Papierleitung hinaufgeführt, indem er in Entfernungen von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuss so um dieselbe geschlungen und fest geknotet wird, dass der Faden immer etwas kürzer wird als der zwischen zwei Knoten befindliche Theil der Leitung. Auf diese Weise kann an dem Faden beliebig stark gezogen werden, ohne dass die Leitung selbst und die darin befindliche Zündschnur dabei etwas leidet. Damit die Papierleitung nebst dem Faden nicht leicht von der Leitröhre sich abschieben kann, wird um letztere oben bei D ein kleiner Ring von Blech gelöthet, hinter welchem das Papier mit dem Faden angebunden wird.“

„Ist die Leitung auf diese Weise vorsichtig angefertigt und zusammengesetzt, so wird die daran befindliche Pulverbüchse gefüllt und vermöge des eben beschriebenen Deckels h geschlossen.“

„Die ganze Ladung wird nun vorsichtig in die äussere Blechröhre eingesetzt, indem man die Pulverbüchse mit der an der Ladung befindlichen Schnur langsam bis auf den Boden der Röhre hinablässt. Bei dem geringen Spielraum, welchen die Pulverbüchse in der äusseren Röhre hat, kommt es häufig vor, dass erstere durch kleine Unebenheiten oder Beulen in den Wänden der äussern Röhre sich darin festklemmt, und durch die eigene Schwere nicht bis auf den Boden hinabgleitet; alsdann wird mit dem eisernen Ladstock die Pulverbüchse vorsichtig hinabgedrückt.“

*) Durch ein Percussionsschloss oder die galvanische Zündung hätte abgeholfen werden können; sie waren aber dieser Zeit noch nicht bekannt.

„Hiernach wird, Fig. 156, der Besatz (die Verdämmung) e e, welcher aus trockenem, oder doch nur etwas feuchtem Lehm zu bestehen hat, aufgebracht.“

„Da es bei dem Einbringen des Besatzes nöthig ist, dass die Röhre möglichst lothrecht steht, um den Lehm gleichförmig und hinreichend fest aufstossen zu können, so wurde hierzu eine Stelle ausgesucht, wo eine 5 bis 6' hohe Futtermauer vorhanden war, auf welcher die beiden Leute, welche mit dem Einschütten und Feststampfen beschäftigt waren, sich befanden, während die Röhre an der Mauer hinab auf eine weiche Unterlage gestellt wurde, damit sie beim Aufstossen des Ladstockes nicht leiden konnte.“

„Das Einbringen des Lehms darf nicht übereilt, vielmehr muss jedesmal nur eine dünne Lage eingeschüttet und vorsichtig fest gestampft werden, damit die Papierleitung mit ihrer Zündschnur nicht beschädigt wird, was ein Versagen des Schusses zur Folge haben könnte.“

„Nachdem die Ladung auf diese Weise vollständig beendet ist*), wird die damit versehene Röhre folgendermassen in das Bohrloch gesetzt und befestigt.“

„Ueber den hölzernen Zapfen **) welcher in das Bohrloch gesteckt wird, sobald dasselbe beendet ist, wird eine blechene Hülse, welche etwas weiter ist als die Röhre, worin sich die Ladung befindet, hinunter geschoben und in die Mündung des Bohrloches etwas eingetrieben. Hierauf wird der Zapfen, welcher länger wie die Hülse sein muss, damit er noch über dieselbe hinausragt, ausgezogen und die Ladungsröhre darin hinunter gelassen. (Letztere muss zuvor oben mit einem Deckel verschlossen werden, zu welchem Ende der aus der Röhre hervorragende Theil der Papierleitung zusammengelegt und in die Röhre etwas zurück gedrückt wird.)“

„Sobald die Röhre in das Bohrloch hinabgelassen und bis auf den Boden fest eingedrückt ist, wird die äussere Hülse wieder ausgehoben und hiernächst der Raum zwischen der Röhre und den

Wänden des Bohrloches auf die bereits angegebene Weise mit Sand ausgeschüttet.“

„Das Bohrloch ist nun förmlich geladen und zum Sprengen fertig.“

„Sollen mehrere Löcher gleichzeitig gesprengt werden, wie es in grösseren Felsen gewöhnlich geschehen muss, so werden auf die vorhin beschriebene Weise sämtliche zum Sprengen bestimmte Bohrlöcher fertig geladen und die Mündungen aller Röhren mittelst leichter Bretterstücke, worin zu dem Ende mehrere Löcher vorhanden sind, mit einander verbunden. Die Deckel werden von den Röhren abgenommen und die Leitungen von sämtlichen Ladungen, welche über die Verbindungsbrettchen geführt werden können, ineinander gesteckt und verbunden. Ein Zünder an irgend einer Stelle der Leitung — am besten so viel als möglich in der Mitte zwischen sämtlichen Röhrenverbindungen — bringt das Feuer an die Zündschnur, mittelst welcher dasselbe mit einem Schlage gleichzeitig in alle Ladungen geführt wird.“

§. 312. (Fig. 158 Taf. XIII.)

Nachdem die Erhöhungen des Flussbettes bis auf die Tiefe des Bingerloches in so weit abgesprengt waren, als sie unter der 10' weiten Oeffnung des Flosses, oder späterhin unter der ganzen Fläche des Flosses lagen, so wurde der Senkkasten mit seinem Flosse abgefahren und in eine andere Lage versetzt.

Die Fig. 158 zeigt den Senkkasten und Floss nach 1, 2, 3 in ihrer ersten, und nach 13, 14, 15 in ihrer fünften Aufstellung.

Um sich die Ueberzeugung zu verschaffen, dass keine Erhöhung des Felsens über die angenommene Tiefe des Bingerloches hervorrage, welche den Schiffen noch hätte gefährlich werden können, wurden die betreffenden Stellen mehrmalen untersucht und befahren, wobei man wie folgt, vorging:

„Zwei Nachen, vorne und rückwärts mittelst darüber gelegter Balken in der Art miteinander verbunden, dass zwischen beiden ein 4 bis 5' breiter Raum verblieb, wurden oberhalb des Bingerloches vor Anker gelegt, und die Entfernung derselben vom Lande durch ein Seil, worauf die Massen bezeichnet sind, bestimmt. Ein Rahmen von Tannenholz, beiläufig 4' breit und 8' hoch, woran unten zwei Lenkstangen befestigt waren, wurde in dem Zwischenraume der beiden Nachen auf die

*) Zwei geübte Arbeiter können in 2 Stunden und 10 Minuten vier solche Ladungen vollkommen fertig machen.

**) Damit die beendigten Bohrlöcher bis zur Einbringung der Pulverladung nicht mit Sand angefüllt werden, trieb man hölzerne, unten kegelförmig zugespitzte Zapfen ein.

Fahrtiefe des Bingerloches hinabgedrückt, und demnach die Nachen langsam stromabwärts gelassen. Dieses wurde so oft wiederholt, bis der Rahmen über sämtliche gesprengte Flächen weggegangen war, wodurch man dann, wenn derselbe nirgends anstriefte, von der gehörigen Tiefe die vollkommenste Gewissheit erhielt.“

§. 313.

Aus dieser auszugsweisen Darstellung des Vorganges bei den Felsensprengungen im Rheine am Bingerloche dringen sich Bemerkungen über die so oft versagte Zündung unwillkürlich auf. Aus dem Ganzen scheint hervorzugehen, dass im Anfange der Sprengungen das Leitfeuer auf eine oder die andere Art nicht gehörig gewesen ist; denn es ist kein Grund anzunehmen, dass der Mangel an Sauerstoff oder an atmosphärischer Luft die Ursache des Versagens der Zündung bei einer mehr wie 3' hohen Verdämmung gewesen ist, indem sonst auch nicht einmal, wie es doch selbst mehrmal nach wieder hergestellter Feuerführung der Fall war, das Feuer zur Zündung hätte gelangen können. Es wären daher bei vorkommender Gelegenheit immerhin vorerst die Versuche mittelst der Sandverdämmung und der Rohrbrandeln, wie es im ersten Theile dieser Abhandlung §. 55 ausführlich dargestellt wurde, vorzunehmen, mit der geringen Abweichung jedoch, dass dem Rohre das innere feine Häutchen belassen wird, und nur die Querhäutchen zu beseitigen kommen, an welchen feinen Häutchen der Pulverbrei nur sehr dünn gestrichen einen bessern Halt bekommt. Durch diese dünne Bestreichung der innern Wand mit Pulverbrei wird hinlängliche atmosphärische Luft in dem Brandel belassen, und die Erfahrung zeigt, dass die Entzündung viel schneller vor sich geht wie mit einer stärkern Pulverbrei-Ausfüllung des Rohres.

Da die Wassersäule über dem zu sprengenden

Gesteine selbst eine Verdämmung bildet, und die Zündung mit Rohrbrandeln über 6' bis 7' Tiefe sich bewährt hat, so dürfte eine Sandverdämmung des äussern Blechrohres bis über die Oberfläche des Wassers wahrscheinlich keinen Anstand hinsichtlich der sichern Zündung und Wirkung herbeiführen.

Uebrigens ist dieser Gegenstand nach Lage und Umständen so mannigfaltig, dass der umsichtige Mineur nur an Ort und Stelle und gemeinlich, wie es bei der angeführten Sprengung bei dem Bingerloch der Fall war, erst im Laufe der Arbeit die passendsten Mittel zum zweckmässigsten Vorgang aufzufinden im Stande ist.

§. 314.

Es wäre hier vielleicht der Ort, den Vorgang zu zeigen, wie versunkene Schiffe u. dgl., welche der Schifffahrt hinderlich oder gefährlich sind, mittelst Sprengladungen beseitigt werden können; indem aber dieser Gegenstand nicht unmittelbar den Minendienst betrifft und eine genügende Auseinandersetzung dieses Vorganges für den Zweck dieser Abhandlung zu weit führen, eine minder ausführliche aber ohne Nutzen sein würde, so weist man hinsichtlich dessen auf die Darstellung in Förster's Bauzeitung, Jahrgang 1841, S. 64 bis 70, wo mit einfachen Mitteln und mittelst Percussionszündung im Jahre 1840 ein auf der Danziger Rhede versunkenes mit Kupfer beschlagenes Schiff, welches überdiess mit der Backbordseite 8 bis 10 Fuss tief in Sand vergraben war, von dem königl. preussischen Bauinspector Cords vollkommen zernichtet, und das dortige Fahrwasser wieder zum ungehinderten Gebrauch anwendbar gemacht wurde.

Eben so ist über die galvanische Zündung in derselben Zeitschrift, Jahrgang 1838, Seite 370, und Jahrgang 1839, Seite 386, ein Mehreres enthalten.

Zimmer, And. Edler v.

Abhandlung über die Kriegs-Minen Zum Gebrauche d. k. u. k. österr. Mineur-
Schulen. Mit e. Atlas

Bd.: 2

Wien 1852

4 App.mil. 105-2

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10220993-0